إدارة النفايات النووية والمشعة

أسامة عبد الرحمن

مقدمة

ان موضوع التخلص من النفايات النووية أو معالجتها من أهم الموضوعات التي تحتل مكان الصدارة بين اهتمامات البلديات والدول المختلفة والمنظمات والهيئات العالمية والإقليمية والمحلية، وتشكل النفايات النووية أخطارًا صحية عديدة في مراحلها المختلفة ، سواء أثناء الجمع أو أثناء التخلص النهائي منها، فهي مأوى للجرذان وتكاثر الحشرات كما تشكل مصدراً للإزعاج نتيجة الروائح الكريهة التي تصدر عنها ، وتكون منظراً منفراً في تجميعها العشوائي لذلك فان جمع النفايات بصورة منظمة ونقلها بصورة سليمة لأماكن الدفن أو الحرق تعتبر وسيلة مناسبة لدرء الأخطار الصحية الناتجة عنها.

والأضرار الصحية الناتجة عن النفايات لا تقتصر على الأمراض التي تنقلها الفئران أو الحشرات ، بل هناك أضرار بيئية أخرى تتمثل في تلوث الهواء نتيجة الغازات المنبعثة من مواقع الدفن ، والتي تتولد نتيجة عمليات التحلل أو الاحتراق، مثل غاز الميثان وأكاسيد النيتروجين وثاني أكسيد الكربون وكبريتات الهيدروجين وهذه الغازات ضارة بالبيئة وبصحة الإنسان، كما أن لها روائح منفرة.

أما تأثير النفايات على المياه فيحدث نتيجة تسرب محتويات النفايات السائلة إلي مصادر المياه خاصة الجوفية منها ، والأمطار تساعد على إذابة بعض الملوثات الموجودة في النفايات فتنتقل إلى المياه الجوفية فتلوثها.

وهنا سوف يكون حديثنا عن النفايات النووية فقط ما هى وما أنواعها ومصادرها وسبب انتشارها وكذلك آثارها والتخلص منها وطرق التخلص منها سواء بالحرق أو الدفن أو إدارة المخلفات بالتدوير أى الاستفادة منها بصور أخرى غير صورتها التى هى عليها من حيث هى مخلفات ٠

أسامة عبد الرحمن

الباب الأول

النفايات

ما هي ؟

النفايات هي مجمل مخلفات أنشطة الإنسان المنزلية والزراعية والصناعية ، أي كل المنقولات المتروكة أو المتخلى عنها في مكان ما ، التي تركْها يهدد ويسيء إلى الصحة والسلامة العامة.

والنفاية مادة ليس لها قيمة ظاهرة أو واضحة أو أهمية اقتصادية أومنفعة للناس وهذا التعريف يتغير مع الوقت والقوى الاقتصادية ، فقد كانت نفايات الورق على مدى السنوات الماضية تطرح في حفر الردم الصحي ، في حين يتزايد الطلب على تدويرها في الوقت الحالي ومن الجدير بالذكر إن بعض النفايات قد يكون لها قيمة مفيدة كبديل للمنتجات ، لكن يسبب استخدامها تهديداً أكبر لصحة الإنسان وللبيئة مثل حرق الزيوت الملوثة المستعملة لاستعادة الطاقة ،التي قد تبعث الرصاص إلى الهواء ومن ثم يجب أن تعامل كنفاية.

أنواع النفايات:

هناك أنواع عديدة من النفايات ، لها خصائص مختلفة تنتج من مصادر متباينة وعالم النفايات يتضمن: النفايات الصلبة- النفايات السائلة- النفايات المنزلية- النفايات النووية- النفايات الطبية ويمكن تقسيمها حسب عدة معايير فمن حيث معيار الأمان تقسم إلى حميدة وخطرة ٠

النفايات الحميدة: وهي مجموع المواد التي لا يشكل وجودها مشكلات بيئية خطيرة، ويسهل التخلص منها بطريقة آمنة بيئيًا .

النفايات الخطرة: وهي النفايات التي تشتمل مكوناتها على مركبات معدنية أو مشعة تؤدي إلى مشاكل بيئية خطيرة وتتولد هذه النفايات الخطرة من المواد والمخلفات الصناعية والكيماوية،والمخلفات الزراعية (المواد الكيماوية التي تستخدم كمقويات في الزراعة) وهى موضوعنا فى هذا العمل.

ويقصد بالنفايات الخطرة أية نفايات تعامل معاملة خاصة في طريقة حفظها أو نقلها أو التخلص منها وتكون في طبيعتها أو كميتها أو تركيزها تشكل تهديداً محتملاً علي صحة الإنسان والكائنات الحية بسبب كونها سريعة الاشتعال أو قابلة للانفجار أو تسبب التآكل أو سريعة التفاعل مع مواد أخرى أو سامة ومعاملة ومعالجة وتخزين هذه النفايات يتم تحت اشراف القوانين ضمن بند الحفاظ على وإعادة استعمال المصادر وتنص التشريعات على أن المنشآت التي تنتج نفايات خطرة يجب أن تقوم بمعالجة هذه النفايات منذ تكوينها وحتى التخلص منها وهذه النفايات الخطرة تعالج عن طريق تغيير خواصها البيولوجية أو الكيميائية أو الطبيعية سواء للتقليل من درجة خطورتها أو التقليل من حجمها وتعمل الكثير من المصانع الآن على خفض كمية النفايات الخطرة الناتجة من خلال تبديل العمليات الصناعية أو إبدال المواد الخطرة بمواد أخرى أقل خطورة أو غير خطرة ومن النفايات الخطرة:

١. النفايات المعدية : وهي النفايات التي تحتوي على جراثيم معدية مثل:البكتيريا،فيروسات،فطريات،وطفيليات.

ومصادر هذه النفايات من نفايات مرضى العزل وغرف الغسيل الكلوي ومخلفات غرف العمليات ، مخلفات عيادات الأسنان ، المستنبتات والمزارع ، مخلفات معامل الفيروسات وحيوانات التجارب .

٢. النفايات الباثولوجية :هي مخلفات غرف الولادة وأهمها المشيمة ، الأعضاء والأنسجة البشرية ، الأورام المستأصلة ، الدم وسوائل الجسم .

٣. أدوات حادة أو ثاقبة للجلد وملوثة : وهي أدوات تسبب جروح للجلد وتسبب التهابات وأمراض....الخ .

٤. النفايات الخطرة الكيماوية :وهي نفايات محتوية على مواد كيماوية غير مطابقة للمواصفات وانتهت صلاحيتها ٠

تستخدم الصناعات ومعامل التصنيع والزراعة وسائر الأعمال الأخرى أكثر من ١١١ ألف مادة كيماوية مختلفة وتتزايد قائمة هذه الكيماويات بمعدل ١١١١ مادة جديدة سنوياً،أي تقريباً بمعدل ٣ مواد يومياً ولا أحد يدري تأثير معظم هذه المواد الجديدة على المدى الطويل وأين سينتهي بها المطاف خلال السنوات القادمة .

ومن حيث درجة الصلابة يمكن تقسيمها إلى :

النفايات الصلبة: وهي النفايات المكونة من مواد معدنية أو زجاجية تنتج عن النفايات المنزلية والصناعية والزراعية وهي بحاجة إلى مئات السنين للتحلل، ويشكل تواجدها خطراً بيئياً .

النفايات السائلة: وهي مواد سائلة تنتج عن استخدام المياه في العمليات الصناعية والزراعية المختلفة ومنها الزيوت، ومياه الصرف الصحي وتُلقى في المصبّات المائية في الأنهار أو البحار.

النفايات الغازية: وهي عبارة عن الغازات أو الأبخرة الناتجة عن حلقات التصنيع، وتتصاعد في الهواء من خلال المداخن الخاصة بالمصانع ومن تلك الغازات : أول أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكبريت، الأكسيدات النيتروجينية، والجسيمات الصلبة العالقة في الهواء كالأتربة وبعض ذرات المعادن المختلفة.

ومن أهم أشكال المخلفات الناتجة من نشاط السكان قمامه المنازل وتعتبر أغني القمامات من حيث محتواها من المواد العضويه المكونه من بقايا الأطعمه والخضروات والفاكهه بالإضافه إلي الزجاج والصفيح والبلاستيك ....الخ.

ماهية المخلفات الإشعاعية

المخلفات النووية:مصطلح يطلق على أى مخلفات تحتوي على مواد مشعة ، وغالباً ما تنتج عن عمليات الإنتاج النووي كالانشطار ، لكن هناك الكثير من الصناعات التي تنتج مخلفات مشعة لا تتم فيها تفاعلات نووية، غالبية المخلفات النووية لا تحتوي على تراكيز عالية من النظير المشع لكنها تبقى مصدر خطر وتلوث إشعاعي على الجسم البشري وعادة ما تحتوي النفايات أو المخلفات المشعة على عدة نظائر ولهذه النظائر المشعة بنية غير مستقرة ونشاط إشعاعي ناتج عن تفكك نويات الذرات غير المستقرة وخلق إشعاع مؤين يسبب تأين الوسط الذي تمر فيه وبالتالي يشكل خطراً على الحياة.

والطاقة الإشعاعية الموجودة في المخلفات المشعة تضمحل مع الزمن،ولكل نظير مشع نصف عمر الزمن اللازم له ليفقد نصف طاقته الإشعاعية، بعض النظائر المشعة مثل البلوتونيوم ٢٣٩الموجود في الوقود النووي المستهلك يبقى خطراً على الحياة لمئات الآلاف من السنين نتيجة أن عمر النصف فيه طويل جداً ٢٤١١٠ سنة

بينما يكون عمر النصف لبعض المواد مثل اليود المشع ١٣١ قصيراً ٨ أيام وكلما زادت سرعة تفكك النظير المشع كلما زاد نشاطه الإشعاعي، والطاقة المنبثقة ونوع الإشعاع المؤين هما عالمان مهمان في تحديد مدى خطورة المادة، والخصائص الكيميائية لها تحدد مدى سهولة وقابلية تسربها وانتشارها.

وتستعمل العديد من النظائر المشعة في علاج أمراض مختلفة وقد تلحق أضراراً بالغة بجسم الإنسان قد تصل إلى التسبب في الوفاة، ووُجد أن معالجة حيوانات بالغة بالإشعاعات أو بالعناصر المسببة للطفرات الجينية تأثير يمكن تحصيله عند التعرض للمخلفات المشعة.

خصائص النفايات المشعة السائلة

هناك بعض الخصائص للنفايات المشعة السائلة التي يجب أن تؤخذ في الحسبان عند فصلها، وإخضاعها للمعالجات الأولية أو النهائية تمهيداً للتخلص منها. وأهم هذه الخصائص ما يلي :-

أ-التركيب الكيميائي: يمثل التركيب الكيميائي للنفايات السائلة العامل الحاسم في اختيار أسلوب المعالجة والتنقية وهنا ينبغي الإشارة إلي أن النفايات السائلة الناتجة عن إحدى حلقات دورة الوقود النووي، يكون فيها التركيب الكيميائي للنفايات المشعة الناتجة عن هذه الحلقة شبة ثابت، ولا يلزم، عندئذ، تغيير أسلوب أو مواد المعالجة إلا أنه عند التعامل مع النفايات السائلة الناتجة عن أنشطة البحوث والتطبيق، أو عن أنشطة إزالة التلوث، فإن التركيب الكيميائي للنفايات المشعة السائلة المنتجة يختلف اختلافاً جوهرياً ويجب أن يختار أسلوب المعالجة الذي يتلاءم مع التركيب الكيميائي للنفايات السائلة الناتجة لديه.

ب-قيمة الأس الهيدروجيني: لضمان عدم حدوث تآكل في أوعية نقل أو تجميع هذه النفايات، يجب المحافظة على قيمة الأس الهيدروجيني ثابتة، أو أن يتحكم في هذه القيمة ويضبطها عند قيمة محددة، قبل نقلها وتجميعها وعند اللجوء إلي عملية التحكم في الأس الهيدروجيني ومعادلته، يجب أن يؤخذ في الحسبان إمكانية ترسب الأملاح الذائبة، خاصة عندما تكون هذه النفايات شديدة الحموضة،وتتطلب إضافة كميات كبيرة من القلويات، لمعادلة الأس الهيدروجيني أو العكس.

ج-قيمة جهد زيتاً: يجب أخذ هذه الخاصية في الحسبان، بالنسبة للنفايات القابلة للتخثر، عند تعيين الجرعات الفضلى للتخثر.

د-الحاجة للأكسجين: ويجب الأخذ في الحسبان حاجة السائل للأكسجين أي كمية الأكسجين اللازمة لإكمال أكسدة جميع الأملاح العضوية وغير العضوية الموجودة في السائل خاصة قبل حدوث أية تفاعلات كيميائية تتضمن أية مخثرات.

هـ-السمية: ينبغي وجود المركبات العضوية السامة ضمن النفايات المشعة السائلة مهما قلت تركيزات أو مستويات هذه المركبات (السموم) وتوجد المركبات العضوية السامة في النفايات السائلة الناتجة عن المختبرات المنتجة للمركبات الموسومة بصفة خاصة وعند زيادة هذه السموم عن الحد المعين الذي تحدده الجهة المختصة ، يجب أن تخضع النفايات التي تتضمنها لمعالجات خاصة تسبق عمليات معالجتها الإشعاعية.

و-أشكال الشوائب: يجب إزالة الشوائب والعوالق الموجودة في النفايات المشعة السائلة بإجراء المعالجة الأولية مثل إجراء الترشيح لإزالة الجوامد العالقة قبل تنفيذ عمليات التبادل الأيوني.

ومن أهم الخصائص الإشعاعية للنفايات المشعة السائلة التي تحدد أسلوب المعالجة ما يلي:

أ- النويدات المشعة المحتواه: تحدد أنواع هذه النويدات وتركيزاتها التصنيف الذي تنتمي إليه النفايات وأسلوب المعالجة والنقل.

ب- الحرج النووي: وتحدد هذه الخاصية الحد الأقصى لكمية النفايات التي يجب تجميعها أو إخضاعها لعملية معالجة النفايات واحدة.

ج-الاستقرار الإشعاعي: تمثل هذه الخاصية أهمية خاصة عند معالجة النفايات متوسطة وعالية المستوى، حيث يمكن أن تنتج عن هذه النفايات غازات تتكون عنها نواتج عضوية ، أو أن تحفز التفاعلات الكيميائية بالإشعاع.

مصادر المخلفات المشعة

للمخلفات المشعة عدة مصادر أهمها: ناتج استخدام الوقود النووي وعملية إنتاج الأسلحة النووية، كما تساهم بعض الصناعات الطبية والدوائية وبعض الصناعات التكنولوجية في إنتاج المخلفات المشعة.

دورة الوقود النووي

النهاية الأمامية: وتسير إلى الجزء الأول من دورة الوقود النووي بدءاً من مرحلة البحث والاستخراج مروراً بتكوين الوقود النووي المخصب وانتهاءً باستخدام الوقود النووي واستخراج الطاقة منه وتحوله إلى وقود نووي مستهلك، تنتج المخلفات الناتجة عن هذا الجزء من الدورة جسيمات ألفا تحتوي على الراديوم المادة الرئيسية الموجودة في مخلفات النهاية الأمامية لدورة الوقود النووي هي اليورانيوم المستهلك المكون من العنصر U-٢٣٨ بالإضافة إلى ٠،٣% من-U ٢٣٥، ونظراً لكثافتها ووزنها النوعي العالي فإن هذه النفايات تستخدم في صناعة القذائف المضادة للدروع والدبابات وفي السطوح المقعرة لليخوت وقد يتم تحويله إلى أنواع أخرى من النفايات٠

النهاية الخلفية: وتشمل هذه الدورة عملية تفريغ الوقود النووي المستهلك وتعبئته ونقله ومعالجته والتخلص منه، ويكون الوقود المستهلك على شكل قضبان يتم إخراجها من المفاعل وتبريدها من الحرارة الناتجة عن تفكك النظائر المشعة الباقية، تصدر المخلفات الناتجة عن عملية الانشطار النووي أشعة بيتا وجاما وتحتوي هذه المخلفات على أكتينيدات تصدر جسيمات ألفا.

إعادة معالجة الأسلحة النووية

وهي عكس عملية التصنيع، وتصدر جسيمات ألفا إلا أن إصدارها من أشعة بيتا وأشعة جاما قليل.

الاستخدامات الطبية:

تنتج عن الصناعات والاستخدامات الطبية مخلفات إشعاعية مصدرة لأشعة بيتا وجاما.

المواد المشعة في الطبيعة

هناك عدة مواد ومركبات تحتوي على عناصر مشعة في الطبيعة، استخدام هذه المركبات في الصناعات المختلفة يؤدي لتكون مخلفات مشعة مصدرة لأجسام ألفا أهما بوتاسيوم ٤٠ معظم الصخور في الطبيعة - نظراً لكيفية تكونها - تحتوي على تراكيز ضئيلة من المواد المشعة الموجودة في الطبيعة.

عموماً تتنوع مصادر النفايات المشعة وفقاً لنوع عمليات التصنيع التي تنجم عنها تلك النفايات، ومن تلك المصادر ما يلي:

- محطات القوى النووية.
- جميع عمليات ومراحل دورة الوقود النووي.
- استخراج الخامات النووية، مثل اليورانيوم والثوريوم.
- استخدام النظائر المشعة في البحث العلمي وفي الصناعة والتعدين والزراعة.

- الطب النووي بما فيه التشخيص والعلاج.

- إنتاج العقاقير والمصادر المشعة.

وعلى الرغم من أن جميع الأنشطة المرتبطة بهذه المصادر ينتج عنها نفايات، إلاّ أن حجم هذه الأنشطة يختلف من دولة إلى أخرى، ففي حين توجد جميع الأنشطة المذكورة في الدول الصناعية النووية، تكاد لا تخلو دولة نامية من جميع أو معظم الأنشطة الثلاثة الأخيرة.

تصنيف النفايات النووية

ويتحكم عاملان في تصنيف النفايات وهما غزارة الإشعاع ونصف العمر وجدير بالذكر أن نصف العمر يتراوح بين جزء صغير من الثانية وبلايين السنين فكلما زادت كمية الإشعاع وطال نصف العمر، كلما كانت المادة أشد خطورة وأكثر تدميرا للإنسان والبيئة ويمكن تسمية هذا الصنف النفايات الثقيلة وفى المقابل، فالإشعاعات الخفيفة ذات العمر القصير تعد قليلة الضرر.

وبين هذه وتلك نفايات متوسطة إما لنصف عمرها أو لإشعاعها.

النفايات الخفيفة: ومثالها نفايات المستشفيات والمختبرات كملابس الفنيين المباشرين لأنشطة الإشعاع وأدواتهم وما إلى ذلك مما يحوي كميات بسيطة من المواد المشعة ذات العمر القصير وهذا النوع من النفايات قليل الضرر، ويمكن التعامل معه دون أقنعة واقية من الإشعاع ولا يسبب إصابات لكن لابد من التخلص منه بطريقة سليمة وعادة ما يدفن في الموقع الذي أنتجه لفترة كافية لانتهاء النشاط الإشعاعي.

ويمكن تخفيف حجم هذه النفايات قبل دفنها وذلك بالتكديس تحت الضغط أو الحرق الموجه الذي يتخلص من المواد العضوية دون العناصر المشعة وهذا النوع من النفايات يمثل حوالي ٩٠% من مجموع النفايات النووية حجما ولكنه لا يتجاوز ١% إشعاعا.

النفايات المتوسطة: وهي أكثر إشعاعا وأطول عمرا من النفايات الخففىة ومن أمثلتها قطع المفاعلات وأنابيب مياه لب المفاعل والمواد التي تتلوث جراء التعرض المباشر لإشعاعات هائلة مثل ما يحصل عند تفكيك المفاعلات أو صيانتها.

ولا بد من اتخاذ إجراءات سلامة جادة لحماية من يتعالمون مع هذه الإشعاعات كالملابس والأقنعة الواقية وإجمالاً تمثل هذه الفئة ٧% من حجم النفايات النووية في العالم وإن كانت لا تساهم إلا بـ٤% من إشعاعاتها وهذه تُكفن في خرسانة إسمنت مسلح قبل دفنها من أجل منع تسرب الإشعاع.

النفايات الثقيلة هي الغزيرة الإشعاع الطويلة العمر، ورغم أن حجمها الإجمالي لا يتجاوز ٣% من نفايات العالم، فإنها تحتوي على ٩٥% من التلوث الإشعاعي.

النفايات الثقيلة: وهي النفايات الغزيرة الإشعاع الطويلة العمر، ورغم أن حجمها الإجمالي لا يتجاوز ٣% من نفايات العالم، فإنها تحتوي على ٩٥% من التلوث الإشعاعي ومن هنا يتطلب التعالم معها مزيدا من الحيطة والحذر.

وهذه النفايات تشمل الوقود النووي المستعمل ونواتج الانشطار الثانوية وكثيرا من العناصر الثقيلة ذات الأعمار الطويلة وبسبب طبيعة النشاط النووي لهذه المواد، فإن كمية من الحرارة لا تنفك تنبعث منها جاعلة من التبريد ضرورة أثناء التعامل معها.

وكما يستخدم الإسمنت كفنا للنفايات المتوسطة، تكبس النفايات الثقيلة في الزجاج (البوليسيليكات أو البيركس) منعا للتسرب قبل دفنها أو نقلها. ولا بد كذلك من تعبئتها في حاويات خاصة تمنع التسرب وتقاوم كل شكل من أشكال التصدع أثناء النقل.

ويعتمد تصنيف النفايات المشعة، إلى حد كبير على أنظمة كل دولة، وعلى المعايير التي استخدمت كأساس لتعريفها، كما يعتمد على مدى تطور الصناعة النووية في تلك الدولة وحجم الأنشطة ونوعها ومن العوامل التي تدخل في تصنيف النفايات المشعة ما يلي:

١- نوع النويدات المشعة وتركيزها في النفايات.

٢- العمر النصفي للنويدات المشعة.

٣- الحالة الفيزيائية للنفايات من حيث السيولة والصلابة والغازية.

٤- طرق المعالجة والحفظ.

٥- احتمال الانتشار في البيئات المجاورة.

٦- مصدر النفايات.

وعلى سبيل المثال، يعتمد القانون الأمريكي في تصنيفه للنفايات المشعة على الحد الأقصى المسموح به لتركيز النظير المشع في الهواء أو الماء، وتبعاً لذلك تصنّف النفايات المشعة إلى ما يلي:

- نفايات ذات مستوى إشعاعي عالٍ،وتشمل بعض نواتج تصنيع الأسلحة النووية، وجميع نواتج دورة الوقود النووي، ومخلفات محطات القوى النووية مثل الوقود النووي المستنزف.

- نفايات ما بعد اليورانيوم، وتشمل النويدات الباعثة لجسيمات ألفا التي يزيد عددها الذري على ٩٢، ويزيد عمرها النصفي على خمسة أعوام، ويزيد تركيزها على ٧،٣ × ١٠ ٦ بيكرل - كجم، وينتج هذا النوع من النفايات بشكل رئيس أثناء عمليات إنتاج الأسلحة النووية.

- نفايات ذات مستوى منخفض، وتشمل تقريباً جميع أنواع النفايات الأخرى التي لا تقع ضمن التصنيفين السابقين، مثل جميع المواد التي استخدمت في أية عملية تضمنت مصدراً مشعاً، مثل: الملابس، والقفازات ، والحقن ، وأدوات التنظيف ، والسوائل التي تحتوي على مواد مشعة

ومن عيوب هذا التصنيف عدم الأخذ في الحسبان العمر النصفي للنويدات والحالة الفيزيائية للنفايات المشعة، وهي من الأمور التي تعتمد عليها طرق حفظ ومعالجة تلك النفايات اعتماداً كبيراً، لذا فقد لجأ عدد من الدول والمنظمات الدولية المعنية بالحماية من الإشعاع إلى تصنيف النفايات المشعة، آخذة في الحسبان الطرق المقترحة لحفظها ومعالجتها والتخلّص منها.

مستويات النشاط الإشعاعي

المواد المشعة عناصر كيميائية موجودة في الطبيعة، ينبعث منها إشعاع يختلف مقداره من عنصر إلى آخر وبصدور الإشعاع من عنصر معين، فإنه بعد زمن يختلف قصرًا وطولاً من عنصر إلى آخر يتحول إلى عنصر جديد ثابت، أى لا يصدر عنه نشاط إشعاعي والفترة الزمنية التي يفقد فيها أي عنصر مشع نصف نشاطه الإشعاعي تعرف باسم نصف العمر وبعض العناصر المشعة يطول نصف عمرها إلى آلاف السنوات وعند كتابة أسماء العناصر الكيميائية عمومًا، والمشعة منها بوجه خاص، فإنها تكتب متبوعة برقم، هكذا: سترونيوم ٩٠، سيزيوم ١٣٧، بلوتونيوم ٢٣٩ وهذا الرقم هو العدد الذري للعنصر.

والعدد الذري هو عدد البروتونات (الأجسام موجبة الشحنة) في نواة ذرة العنصر وجميع العناصر المشعة يزيد فيها العدد الذري على الرقم ٨٣.

والنشاط الإشعاعي يقاس بوحدة تعرف باسم كوري نسبة إلى الفرنسية ماري كوري التي اكتشفت النشاط الإشعاعي لعنصر الراديوم ٨٨ في عام ١٨٩٨ ويعتبر النشاط الإشعاعي لعنصر الراديوم ٨٨ الوحدة العيارية التي يقاس عليها نشاط باقي العناصر المشعة ومن حيث مستوى النشاط الإشعاعي، تقسم العناصر المشعة إلى مستويين: المستوى الأول يضم العناصر قصيرة العمر، ذات النشاط الإشعاعي العالي، مثل سترونيوم ٩٠ وهذه العناصر تسبب أضرارًا بالغة للخلايا الحية حيوانية كانت أم نباتية عند تعرضها للإشعاع الصادر عنها أما المستوى الثاني فيشمل العناصر طويلة العمر، ذات النشاط الإشعاعي المنخفض مثل بلوتونيوم ٢٣٩ ومثل هذه العناصر لا تسبب ضررًا بليغًا فوريًا عند تعرض الخلايا الحية للإشعاع الصادر عنها إلا أن لها آثارًا تراكمية تؤدي إلى الضرر في المدى البعيد.

ـ خصائص النظائر إشعاعية النشاط:

تتفتت تدريجيا النويدات الإشعاعية النشاط لتعطي نويدات جديدة ويتناقص عدد النويدات مع مرور الزمن وتستمر عملية التفتت حتى الحصول على نويدة مستقرة وغير مشعة و نسمي مجموع النويدات الناتجة عن النويدة الأصلية فصيلة مشعة مثل الفصيلة المشعة للأورانيوم .

من بين ٣٢٥ نوع من الذرات هناك ٢٧٤ ذرة مستقرة و ٥١ ذرة غير مستقرة أي إشعاعية النشاط وكل النظائر التي تملك عدد ذري محصور بين ٨٤ و ١١٧ إشعاعية النشاط وعلى مستوى المفاعلات النووية يتم قذف نويدات الأورانيوم بنوترونات حرارية فتنشطر محررة طاقة على شكل حرارة يمكن الاستفادة منها في إنتاج الطاقة الكهربائية.

أنواع النشاط الإشعاعي:

ـ النشاط الإشعاعي الطبيعي: الإشعاع الكوني ٩% الإشعاع الأرضي ١١% الإشعاع الباطني ١٠% الرادون ٤٠ %٠

ـ النشاط الإشعاعي الصناعي: التطبيقات الطبية ، الصناعة ، البحث العلمي ٢٥%التجارب النووية ، المفاعلات النووية ، القنابل النووية ٥ %٠

ومن مزايا المواد المشعة:

إنتاج الطاقة: تعتمد المحطات النووية على الانشطار النووي ، حيث ينشأ عن هذه العملية تفاعل متسلسل لا ينتهي إلا بتحويل المادة القابلة للانشطار إلى مواد جديدة وإطلاق كمية كبيرة من الطاقة على شكل حرارة تمكن من توليد بخار انطلاقا من ماء الدائرة الثانوية ، ويمكن البخار من دوران عنفة لتوليد الطاقة الكهربائية.

أخطار التلوث النووي:

على الصحة:

ـ يؤثر الإشعاع على الأنسجة الحية بشكل كبير خصوصاً على جزيئ ADN التي تتلف نتيجة تعرضها لكمية كبيرة من الإشعاع حيث يصعب على الخلية إصلاحها ، وقد تحدث طفرات.

ـ التأثير على الجنين عند تعرض المرأة الحامل للإشعاع تنتج عنه تشوهات خلقية.

ـ التأثير على الخلايا الجنسية ينتج عنه العقم.

ـ ارتفاع نسبة الإصابة بالسرطان كما حدث بعد حادثة مفاعل تشرنوبيل سنة ١٩٨٦ حيث ارتفعت نسبة سرطان الغدة الدرقية نتيجة احتواء العناصر الإشعاعية المتسربة على اليود المشع والذي يتراكم بالغدة الدرقية.

على البيئة: تلوث المواد المشعة جميع الأوساط البيئية من تربة و ماء ،فتنتقل إلى الكائنات الحية و تتراكم عبر حلقات السلاسل الغذائية.

الحماية من الإشعاع: الابتعاد عن مصادر الإشعاع ـ البقاء اقل وقت ممكن قرب مصادر الإشعاع ـ عدم إجراء أكثر من ٥ فحوصات بالأشعة في السنة

تشكل النفايات النووية كل مادة إشعاعية النشاط أصبحت غير قابلة لإعادة الاستعمال ويجب التخلص منها.

الباب الثانى

خطر النفايات النووية

أخطار الإشعاع

عندما يتعرض الإنسان للإشعاع سواء الصادر عن العناصر المشعة المستخدمة في المفاعلات النووية، أو الصادر عن نفايات تلك المفاعلات فإنه يتعرض لجملة من المخاطر، أيسرها الإصابة بالأنيميا فقر الدم نتيجة كبح نشاط نخاع العظام لإنتاج خلايا دم ومن المخاطر الأخرى، كبح نشاط جهاز المناعة في الجسم، وبالتالى التعرض المتكرر للإصابة بأمراض متعددة لا يصاب بها الإنسان حال نشاط جهاز المناعة.

أما أخطر آثار التعرض للإشعاع فهو الإصابة بالسرطان، خصوصًا سرطان الجلد وعلى المدى البعيد يمكن أن يؤدي الإشعاع إلى الإصابة بالعقم، وإلى إحداث تحورات في الجينات تؤدي في حال انتقالها إلى الذرية إلى تشوهات خلقية وبينما يحدث فقر الدم في غضون أيام أو أسابيع قليلة من التعرض للإشعاع، فإن الإصابة بالسرطان تحدث بعد زمن أطول عدة شهور أو سنوات تبعًا لمقدار الإشعاع ومادام الحال

كذلك، فلا عجب أن يكون التخلص من العادم النووي مشكلة مؤرقة، سيما وأن أعدادًا أكبر من الناس يحتمل أن تتعرض للإشعاع الصادر عنه، على خلاف المفاعلات النووية التي يقتصر عنصر الخطر فيها على العاملين فحسب وهؤلاء أمكن تأمين سلامتهم بملابس واقية ووسائل وقائية أخرى٠

مخاطر النفايات النووية

تعد النفايات بصفة عامة من ملوثات البيئة، إلا إذا أمكن التخلص منها بطريقة لا تترك آثاراً ضارة، وقد عمدت بعض الدول الصناعية للتخلص من نفاياتها بطرق عديدة، دون ترك آثار ضارة على بيئتها، ومن هذه الطرق تصدير النفايات الصناعية إلى بلدان العالم الثالث.

وكانت الطريقة المألوفة في التخلص من النفايات،خصوصًا الصناعية ، هي تصريفها في مياه البحار والمجاري المائية أو دفنها في مدافن تحفر تحديداً لهذه العملية، وتشير بعض التقديرات إلى أن عدد المدافن التي تم دفن النفايات الخطرة بها في الولايات المتحدة وحدها، حوالي ٥٠ ألف موقع٠

تستخدم المفاعلات النووية في بقاع شتى من المعمورة كمصدر رئيسي للحصول على الطاقة ومع اطراد النمو الصناعي في كثير من بلاد العالم، يتزايد الإقبال على المفاعلات النووية لتوفير الطاقة اللازمة لإدارة عجلة الصناعة وخلافًا لمشكلة تسرب المواد المشعة من المفاعلات النووية، هناك مشكلة أشد خطورة وأكثر حدة، هى التخلص من العادم النووي فالمواد المشعة التي تستخدم كوقود في المفاعلات النووية لإنتاج طاقة، يتخلف عنها عادم أو نفايات وفي منتصف القرن الماضي، بدأ استخدام الطاقة النووية يتوسع سواء في الأغراض السلمية أو الترسانة العسكرية، ومن أهم المشكلات التي صاحبت هذا التوسع مشكلة التخلص من النفايات النووية،نظراً لأن النفايات النووية لها طبيعة خاصة تتمثل في عدم اختفاء آثارها السلبية على البيئة وصحة الإنسان، حتى مع دفنها في مسافات عميقة تحت سطح الأرض ومع تزايد النشاط الصناعي في أوروبا وأمريكا، تزايدت كميات النفايات الضارة المتخلفة من الصناعات المختلفة، وتزايدت بالتالي مشكلات التخلص منها في أراضي الدول التي تنتجها.

ومن المعروف أن مخاطر المفاعلات النووية عالية جداً، وكثير من دراسات الأمان أظهرت أنه حتى فى أحدث أنواع المفاعلات النووية يمكن أن تحدث حوادث ضخمة سواء من تقصير بشرى أو أعطال فنية أو هجمات أو كوارث طبيعية، ومن الممكن أن تكون نتائج هذه الحوادث كارثية بصورة أكبر مما حدث فى كارثة مفاعل تشرنوبيل النووي فى ابريل ١٩٨٦ حيث كانت الإشعاعات النووية أكثر ٥٠٠ مرة من القنبلة الذرية الأمريكية التى ألقيت على هيروشيما باليابان عام ١٩٤٥، و حتى يومنا هذا مازالت الأعداد الدقيقة لأرقام ضحايا تشرنوبيل غير واضحة، وترجح بعض التقارير أنه نتج عن هذه الكارثة ١٠٠ ألف قتيل و عشرات الآلاف من المصابين بالإشعاعات النووية، علاوة علي أنها جعلت أجزاء واسعة من روسيا البيضاء وأوكرانيا خالية من السكان، وهذه ليست السابقة الأولي في روسيا فقد حدث عام ١٩٥٧ واحدة من أكبر الكوارث النووية فى ماجاك بروسيا وتم التكتم على الحادثة ولم يعرف العالم بها إلا عام ١٩٨٩ وحتى اليوم هناك مساحة من الأرض طولها ٣٠٠كم وعرضها ٣٠كم متر ملوثة بالإشعاعات النووية، ولا يوجد تقرير موثق عن عدد ضحايا الحادث.

كذلك ما حدث إثر الزلزال الذى ضرب اليابان فى مارس ٢٠١١ فى محطة فوكوشيما النووية، والتى تحتوى على ستة مفاعلات نووية حدث انفجارات فى ٤ منها و تسرب كميات كبيرة من المواد المشعة، و أصبحت الإشعاعات فى الجو أكثر ٤٠٠ مرة من الكمية المسموح بها ، وتم ترحيل السكان من دائرة نصف قطرها ٣٠ كيلو متر من المفاعل النووى، ثم بدأ الهروب الكبير من طوكيو و المنطقة المحيطة بها خوفاً من الهواء الملوث بالإشعاعات النووية والذى بدأت الرياح تنقله باتجاة طوكيو، وقررت إدارة الأغذية والدواء الأميركية حظر استيراد الحليب والمنتجات الطازجة من المناطق القريبة من المفاعل النووي الياباني وشملت لائحة الحظر أربعة مقاطعات يابانية هي فوكوشيما وأيباراكي وتوتشيغي وغونما، علاوة علي خسائر اقتصادية فادحة أثرت تأثيراً بالغاً علي الاقتصاد الياباني، وقد علقت المستشارة الألمانية أنجيلا ميركل على كارثة فوكوشيما قائلة أن اليابان لم تنجح في التحكم بالمفاعلات النووية برغم كل إجراءات الأمان الشديدة بها،

وبالتالي لن تستطيع أى بلد فى العالم أن تدعي أن هناك مفاعلاً نووياً أمناً، كما وصف المستشار النمساوى فرنر فيمان الطاقة النووية بأنها الطريق الخطأ وأنه قد آن الأوان لتودع أوروبا الطاقة النووية، كذلك منعت الصين بناء أى مفاعلات نووية جديدة، وتوقفت سويسرا عن إعطاء تراخيص لبناء مفاعلات نووية على أرضها، هذا مع الوضع في الاعتبار أن أمريكا قد توقفت منذ ٣٠ عاماً عن بناء مفاعلات نووية جديدة، وعلى مستوى العالم أجمع تتقادم المفاعلات النووية ومع تقادمها ترتفع المخاطر ويقل الأمان، وتتكرر الحوادث فائقة .

إزالة تلوث النفايات المشعة

تطبق تقنيات إزالة التلوث على الأجسام الملوث سطحها بمادة مشعة، دون وصول التلوث إلي عمق الجسم الملوث وتهدف عمليات إزالة التلوث الي خفض كميات المواد الصلبة الملوثة وتتم عمليات بعدة طرق ميكانيكية يدوية وآلية، وأخرى كيميائية وثالثة مختلطة وتتضمن الطرق الميكانيكية عمليات الغسيل اليدوي بالماء، أو بتيارات شديدة من الماء ، أو باستخدام الآلات أما الطرق الكيميائية فتتضمن عمل الحمامات الكيميائية للقطع والمعدات الصغيرة مع استخدام منظفات كيميائية اقتصادية.

ويجوز استخدام تقنيات مختلفة أخرى تقوم على استخدام الموجات فوق الصوتية كما تستخدم تقنية الصهر لإزالة تلوث القطع والأجهزة الفلزية ، حيثما يمكن فصل الفلزات المنصهرة عن الملوثات المشعة ويوفر مولد النفايات جميع التجهيزات الخاصة بالمعالجات الأولية للنفايات الصلبة ، بما في ذلك الأوعية أو البراميل الخاصة بإزالة التلوث.

التلوث الناجم عن تصنيع اليورانيوم!

عندما يدّعي البعض أن الطاقة النووية أقل تلويثاً للجو من باقي مصادر الطاقة، يرد الباحثان المتخصصان لومن وسميث عليهما بالقول إنه عند وجود مادة اليورانيوم الخام بنسبة تركيز قليلة من أكسيد اليورانيوم $U_٣O_٨$، أي ٠,١ %، مثلاً، فإن مفاعل نووي ينتج غاز ثاني أكسيد الكربون بنسبة أقل من محطة توليد كهرباء تعمل على الغاز وتنتج كمية الطاقة نفسها من الكهرباء، ولكن بعد تسع سنوات على الأقل من بداية تشغيل المحطة،وذلك نتيجة التلوث العظيم الناجم عن تعدين اليورانيوم وتصنيعه وتخصيبه ليكون وقوداً نووياً للمحطة، كذلك نتيجة بناء المفاعل نفسه وما تنفث أنشطة البناء المتنوعة وتصنيع مواد البناء من غاز ثاني أكسيد الكربون

وفي حال استخدام نوعيات أفضل من اليورانيوم الخام،على الأقل بتركيز ٠,٢% من أكسيد اليورانيوم U_3O_8، فإن الطاقة المبذولة في تعدين اليورانيوم وتخصيبه أقل بكثير من الكهرباء التي تنتجها المحطة، لكن المحطة النووية يجب أن تعمل نحو سبع سنوات لتنتج ما تم إنفاقه من طاقة.

أما إذا تدنت النسبة عن ذلك أي عن ٠,١ %، وعند توافر خامات فقيرة بأكسيد اليورانيوم، فإن المفاعل يكون قد أنتج كميات من غاز ثاني أكسيد الكربون خلال مراحل تصنيع الوقود وبناء المنشآت المرتبطة به بما يساوي ما تنتجه محطات توليد الكهرباء التقليدية التي تعمل على الوقود الأحفوري وهذا يسقط مقولة أن الطاقة النووية طاقة نظيفة وذلك في حال الخامات الفقيرة؛ولما كانت الخامات الجيدة سوف تنفذ قريباً فإننا نستطيع القول إن الطاقة النووية باتت ملوث كبير للبيئة.

أما في حال طاقة الرياح فإن إنتاج الكهرباء يتجاوز الطاقة المبذولة بعد ٣ – ٦ أشهر فقط من الإنتاج وهذا دليل جديد على نظافة واستدامة الطاقة المستمدة من الرياح أما القول إن توربينات الرياح تشوه البيئة وتصدر أصواتاً مزعجة، فإن سكان ساحل جاسب الكندي، حيث توجد أعظم وأضخم التوربينات في العالم، يقولون إنها منسجمة مع البيئة تماماً وأخذنا نتصورها كأشجار ضخمة لا تصدر أصواتاً تزيد عن زمهرير العواصف والرياح الشديدة.

ان إنتاج جنوب أفريقيا ونامبيا تحديداً، فضلاً عن إنتاج بعض دول العالم الأخرى من اليورانيوم، يقع عند أو دون نسبة ٠,١% ونعتقد أن خامات الأردن من اليورانيوم تنخرط ضمن هذه المعايير المتدنية، وأقل بكثير، إلى أن يثبت عكس ذلك لكن، ماذا بشأن نوعية الخامات المتواجدة في أنحاء العالم المترامية الأطراف،وما هو معدل تركيز أكسيد اليورانيوم على مستوى عالمي؟

في نهاية الخمسينيات كان تركيز أكسيد اليورانيوم U٣O٨ في خامات اليورانيوم المتواجدة في مناجم الولايات المتحدة الأمريكية نحو ٠,٢٨ %، بينما في التسعينيات تدنى هذا التركيز ليتراوح بين ٠,٠٧ – ٠,١١% وتعتبر كندا هي الدولة الوحيدة التي تتحسن فيها نوعية خام اليورانيوم نتيجة الاكتشافات الجديدة في الآونة الأخيرة لنوعيات ممتازة لكن، يبدو أن هذه الاكتشافات لم تؤثر كثيراً على معدل التركيز العالمي في العقود الخمسة الأخيرة، حيث تتراوح بين ٠,٠٥– ٠,١٣ %.

وهذا يعني أنه بمرور الوقت سوف تنخفض تركيزات أكسيد اليورانيوم في العالم، وبالتالي سوف تزيد صناعة إنتاج الطاقة النووية من إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون في الجو، الأمر الذي سوف ينجم عنه تعاظم تلويث الغلاف الجوي للكرة الأرضية بالغازات الدفيئة التي اتفق العلماء أنها السبب الرئيس للتغير المناخي الحالي الذي نعاني منه اليوم فضلاً عن أنه يهدد بقاء الحياة برمتها على سطح هذه البسيطة خلال هذا القرن، وذلك إذا لم يتفق العالم على إجراءَات حاسمة بهذا الشأن.

وقد أثبتت اجتماعات الأمم المتحدة حول التغير المناخي في كوبنهاجن عام ٢٠٠٩ وفي كانكون بالمكسيك عام ٢٠١٠ أن الأمر يسير على غير مايأمله العالم، بل هناك اتجاه لعدم تجديد اتفاقية كيوتو عام ٢٠١٢، فيما شرع العالم بقيادة الولايات المتحدة الأمريكية في الاستعداد للتكيف مع هذه الظاهرة وليس الحد منها!

ففي ضوء عدم وضوح تجديد اتفاقية كيوتو ٢٠١٢ يتردد في أروقة الأمم المتحدة، وفي أدراج الاتفاقية الإطارية للتغير المناخي، أنه ينبغي أن تفرض ضريبة على المصادر الملوثة للطاقة؛ ربما تكون نحو ٦٠ دولاراً للطن الواحد من غاز ثاني أكسيد الكربون، وكان من المتوقع أن تدخل قيد النفاذ نحو نهاية عام ٢٠١٢؛ عند ذاك، فإن أسعار الطاقة النووية والطاقة المولدة من الفحم التي تطلق في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها ٥٠ طناً من الزئبق سنوياً، سوف تصبح من أكثر أنواع الطاقة تكلفة.

ويمكننا ملاحظة توقعات شركة نفط عالمية من كبرى شركات النفط في العالم إكسون،حيث تتوقع في عام ٢٠٢٥ أن تكون أسعار الطاقة المولدة من الرياح أقل أنواع الطاقة تكلفة على الإطلاق؛ طبعاً، مقارنة بالطاقة النووية والفحم والغاز والطاقة الشمسية، خاصة في حال فرض ضريبة إضافية على إطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون.

ويلاحظ أن الضريبة الإضافية لم تؤثر على إنتاج الطاقة الكهربائية التي يتم إنتاجها من الشمس والرياح لأنها غير ملوثة للبيئة أصلاً، ولم تؤثر كذلك على سعر الطاقة المولدة من الفحم، وذلك إذا تم اعتماد تقنية التقاط غاز ثاني أكسيد الكربون ودفنه في مستودعات أرضية عميقة وهذه قضية أخرى بحاجة إلى حسن نظر لضمان اجتناب مخاطر ذلك في المستقبل وحتى في الحالة التي لا تفرض عندها ضريبة غازات الدفيئة على الفحم، فإن سعر طاقة الرياح سوف يساوي سعر أقل أنواع الوقود الأحفوري تكلفة، وهو الفحم.

ومن المعلوم اليوم أن النوعيات الجيدة التركيز من اليورانيوم تتواجد في مناطق محدودة من العالم، في كندا وكازاخستان، ونسبة بسيطة منه من إنتاج أستراليا وروسيا ويصل الإنتاج الاسترالي من اليورانيوم إلى الاتحاد الأوروبي واليابان والولايات المتحدة الأمريكية بكميات كبيرة، فإلى أي مدى يمكننا اعتبار إنتاج الطاقة من المفاعلات النووية طاقة نظيفة طالما أن نوعية الخامات في أستراليا رديئة في مجملها؟

وتؤكد تلك التخوفات بشأن حجم التلوث الناجم عن الصناعة النووية في العالم أبحاث نشرت في مجلة Australian Science؛ إذ تؤكد الدراسات أن إنتاج الكعكة الصفراء U٣O٨ وتحويلها إلى غاز UF٦ وزيادة تركيز U-٢٣٥ وتحويل الغاز إلى مسحوق أكسيد اليورانيوم وكبسه في أنابيب الوقود؛ كلها عمليات تنتج ثاني أكسيد الكربون، فضلاً عن أن إنشاء البنية التحتية للمحطة النووية والأبنية الضرورية لها والتحصينات المرافقة لها وتعدين اليورانيوم وتشغيل المحطة وصيانتها وتخزين الوقود وإعادة تدويره وإدارة النفايات وتخزينها لأمد طويل،

وكذلك تفكيك المحطة عندما ينتهي عمرها التشغيلي ،هذه الإجراءَات كلها تؤدي إلى تلويث كبير في الجو وأعباء مالية ومخاطر عظيمة على الأجيال القادمة ويستدعي الواجب الأخلاقي، والشعور الوطني والالتزام بحقوق الأجيال التي لم تولد بعد، أن يتوقف الإنسان طويلاً وهو يتأمل هذه الظاهرة التي باتت هاجساً عظيماً عند الكثير من الدول.

إن ما يجعل الطاقة النووية غير مستدامة هو احتمال نضوب المادة الخام أسرع مما كان متوقعاً نتيجة طموحات عظيمة خارج أوروبا لبناء المفاعلات، خاصة في الصين وآسيا عامة كذلك فإن خامات الفوسفات التي تحتوي على اليورانيوم بنسب قليلة جداً سوف تصل إلى قمة عطائها بعد نحو ٣٠ عاماً، ثم تبدأ في النزول ويمكن إنتاج اليورانيوم من ماء البحار ولكنه يوجد بتركيز ٢×١٠^{-٧}، وعليه، فإن الطاقة المبذولة في إنتاجه أعلى بكثير من الطاقة الكهربائية التي سيولدها في المستقبل.

خلاصة القول إن العلماء يتوقعون أن استخدام اليورانيوم بالتركيز المرتفع لإنتاج ١٦ % من حاجة العالم من الكهرباء، على نحو ما هو عليه اليوم، سوف يؤدي إلى استنزاف مخزون اليورانيوم عالي التركيز ونضوبه في غضون ١٩ عاماً، الأمر الذي سوف يساهم في رفع تكلفة إنتاج الكهرباء من الطاقة النووية في المستقبل القريب، وربما يؤدي إلى توقف المفاعلات عن العمل وفي حال الاتجاه صوب استخدام الخامات الفقيرة باليورانيوم فإن تلويث العالم سوف يزداد، ناهيك عن زيادة عدد المفاعلات النووية في المستقبل القريب وزيادة الطلب على اليورانيوم، الأمر الذي سوف يزيد من المشكلة تعقيداً.

وإذا عرفنا أن مدة إنشاء المحطة النووية يستغرق نحو ٦ – ١٠ سنوات كحد الأدنى، فإن نضوب المادة الخام بعد ذلك في غضون ١٢,٥ – ١٩ عاماً، يعني أن اليورانيوم سوف يكون متوافراً بأسعار معقولة لمدة ١٠– ٢٠ سنة فقط عند تشغيله المفترض في عام ٢٠٢٠، فماذا بشأن عمره التشغيلي الذي يفترض أن يخدم نحو ستين عاماً أو أكثر؟ ألن تصبح تكلفة إنتاج الطاقة من هذه المشاريع مكلفة جداً؟

ولماذا يتوقف العالم بعد اتفاقية مونتريال عام ١٩٨٥ عن إنتاج مركبات الكلوروفلوروكربون التي تؤدي إلى اضمحلال طبقة الأوزون، لكنها تزيد من فعالية ظاهرة الاحتباس الحراري؟ ولماذا يتوقف العالم عن إنتاج الأسبست وتعدينه عام ١٩٩٩ لأضراره الصحية البعيدة المدى على الصحة، فيما يسمح بفتح مواقع جديدة لتعدين اليورانيوم وإنشاء المفاعلات النووية المعرضة لكوارث إشعاعية ستظل أضرارها باقية لملايين السنين؟ لكن تعدين اليورانيوم لا ينجم عنه انطلاق غاز ثاني أكسيد الكربون وحسب، إنما فضلات كثيرة لا تحصى، من أهمها الأحماض التي تستعمل لإذابة الصخور،كحامض الكبريتيك، وكذلك الجاز المستخدم كمذيب والماء الهيدروجيني والكلس وما إلى ذلك.

إن الإجراءَات الاحترازية من شأنها خفض الأضرار الناجمة عن أي كوراث؛ فمثلاً انطلقت تحذيرات بين عامي ١٨٩٨- ١٩٠٦ تحذر من مخاطر الأسبست على الصحة، ولكن أياً من الإجراءَات الاحترازية لم يتم اتخاذها؛ وبناء عليه، واستناداً إلى دراسة هولندية، فإن وقف التعامل مع الأسبست عام ١٩٦٥ بدلاً من عام ١٩٩٣عندما أصدرت الحكومة قانوناً بذلك، كان بإمكانه تجنب إصابة ٣٤٠٠٠ إنسان بالمرض القاتل، وأيضاً كان بإمكانه توفير ١٩ مليار يورو على الدولة التي أنفقت ذلك المبلغ الضخم لتنظيف المصانع ودفع التعويضات للمتضررين وهذه هي شركة كهرباء اليابان تخصص مبلغ ٢٥مليار دولار،كدفعة أولى من التعويضات للمتضررين من كارثة فوكوشيما التي قد تزيد عن ٢٤٥ مليار دولار.

وقد نشرت أبحاث علمية تطبيقية درست حالات الإصابة بالسرطان لدى سكان المناطق القريبة من مناجم التعدين، ففي الفترة الواقعة بين ١٩٦٩ – ١٩٩٣ تم دراسة شعب النفاجو الذين يعيشون بالقرب من مناجم تعدين اليورانيوم في نيومكسيكو وأريزونا بالولايات المتحدة الأمريكية،

واتضح في النهاية أنه تزايدت احتمالات الإصابة بالسرطان ٢٨٦مرة أكثر من الأشخاص الذين كانوا بعيدين عن مناجم تعدين اليورانيوم وبناء عليه، ألا ينبغي أن نستخدم أسلوب الإجراء الاحترازي في منع إقامة المفاعلات النووية أو فتح مناجم تعدين اليورانيوم؟٠

الباب الثالث

خطرها على العالم العربى

إننا في عالمنا العربي محاطون بمحطات نووية كثيرة منها ما أقيم لتوليد طاقة ومنها ما أقيم لتصنيع أسلحة بل ان بعض الدول يوجد بها محطات نووية تفوق طاقتها كدولة سواء من ناحية احتياجها لها أو من ناحية تكاليفها المادية إلا أن ذلك لم يثنها عن ذلك، ومن الواجب علينا ألا نغفل أن هذه المحطات بالرغم من أضرارها إلا أنها ذات إنتاج عال لأنواع الطاقة التي تستخدم في شتى سبل الحياة ويحيط بنا في العالم العربي محطات نووية ضخمة وعديدة منها ما تم الإعلان عنه ومنها ماهو سري فمثلاً الكيان الصهيونى يمتلك محطات ومفاعلات نووية غير سلمية أنتجت منها مئات القنابل النووية لذا فإن إسرائيل تعد قنبلة موقوتة وحدها تهدد بنسف الدول من حولها عند حدوث أي خلل أو أي طارئ في المفاعلات إضافة إلى أن محطات ومفاعلات إسرائيل دائمة النشاط لذا فالنفايات التي تصدر منها ذات كمية كبيرة كما أن مفاعلاتها قديمة ومهترئة مثل مفاعل ديمونا الذي تحدث عنه الخبير الإسرائيلي بأنه يشكل خطراً على الدول المجاورة لإسرائيل

لأنه مفاعل قديم وعرضة للتسرب الاشعاعي كما أن لإيران محطات نووية عديدة في عدد من مدنها تقول ايران انها لأغراض سلمية بحتة وتستخدم لتوليد الطاقة الكهربائية واتهمت طهران بتخصيب اليورانيوم لإنتاج قنبلة نووية لكنها نفت وما زالت هذه بعض الأمثلة القريبة من الوطن العربي بعض هذه المفاعلات تقع على مقربة من الشواطئ البحرية مما يعرض الشواطئ لأضرار جسيمة ومنها ما هو في الصحاري.

والمشكلة التي ربما تشكل أزمة على المستوى الاستراتيجي ليست في تعدد المحطات والمفاعلات فقط بل في نفاياتها المشعة التي لا نعلم كيف تدفن وفي أي مكان ولا نعلم كيف يمكن معرفة هل تسرب إشعاع من هذا المدفن ولو افترضنا أن هناك طريقة لمعرفة التسرب من المدفن هل هناك من لديه الشجاعة في تدارك الوضع وإظهار المسؤولية خصوصاً إذا علمنا أن النفايات تدفن على عمق ٣٠٠ إلى ٥٠٠ متر فقط تحت الأرض وهذا عمق قريب من سطح الأرض خاصة إذا تعرضت المنطقة لكوارث طبيعية كالزلازل والفيضانات والبراكين وكما نعرف أن منطقة الشرق الأوسط تمر بها عدد من أحزمة الزلازل.

يقول الدكتور عبدالله العمري أستاذ الزلازل بجامعة الملك سعود بالنسبة لمدافن النفايات الموجودة في الأرض لا تظهرها الزلازل بل تحدث تشققات في الأرض فتتأثر التربة وتهيئ كذلك لحدوث انزلاقات بخلاف البراكين التي ربما تظهر مثل هذه النفايات، إلا أنه عند إنشاء محطات ومفاعلات نووية فتختار المناطق البعيدة عن نشاط الزلازل خوفاً من حدوث أي تسرب في حالة حدوث زلزال إلا أنه قبل حدوثه - أي الزلزال - يحدث احتكاك للصخور والاحتكاك ينتج عنه طاقة وينتج عن ذلك غازات سامة كالهليوم.

وهذه تنطلق مع الآبار وتظهر إلى السطح وإذا واجهت في طريقها مناطق نفايات تظهر الروائح السامة لذا تستخدم الحيوانات للتنبؤ بذلك، ولكن إذا حدث زلزال وكانت طاقة الزلزال رأسية إلى سطح الأرض مثل تسونامي ولكن النفايات بعيدة عن نفس اتجاه موجة الزلزال بحوالي كيلومتر فلا تتأثر لكن إذا كانت في نفس الصدع المتجه إلى الأعلى فهي تتأثر وخطورتها تكمن في المياه التي تتفاعل مع النفايات وهنا المشكلة بطريقة غير مباشرة فالزلزال أحدث صدعا امتلأ بالمياه في المنطقة وتفاعلت مع النفايات وبدأ بني البشر بشرب المياه دون أن يعرفوا أن هناك غازات سامة وهذه مشكلة الزلازل إذا حدثت بهذا الشكل إلا أن الزلازل الأخيرة التي حدثت لم تظهر مثل هذه الأشياء.

ويضيف الدكتور خالد السليمان من معهد بحوث الطاقة الذرية بمدينة الملك عبدالعزيز للعلوم والتقنية أنه لا شك أن الكوارث الطبيعية، مثل الزلازل والفيضانات، وغير الطبيعية مثل التفجيرات أثناء الحروب، تؤثر على سلامة مدفن النفايات المشعة وبالتالي على احتمالات تسرب النفايات المشعة وتلويثها للتربة والبيئة المحيطة أو للمياه الجوفية أو السطحية أو لا قدر الله تؤثر مباشرة على البشر المحيطين بموقع المدفن لذا فعند اختيار موقع مدفن للنفايات المشعة فإن التصميم الهندسي للمدفن يجب أن يراعي هذه العناصر مجتمعة وجميع الاحتمالات، ويضع من عوامل السلامة ما يحمي من جميع هذه العوامل.

كما أنه ليس هناك مسافة محددة تصلها هذه النفايات، حيث أن المسافة تعتمد على نوع الإشعاع الصادر الذي يعتمد بدوره على نوع المصدر المشع، كما يعتمد على قوة المصدر المشع لذا فإن حجب الإشعاعات عن الخارج يعتمد على هذه العناصر.

نخلص من ذلك إلا أننا لسنا بمنأى عن حدوث أي كارثة بيئية وبعض هذه الكوارث كالزلازل لا نستطيع التنبؤ متى ستحدث ولكننا نستطيع أن نعلم أن الخطر يحدث أخطاراً ربما تكون أعنف منه.

خطر النفايات النووية على العالم العربي

النفايات النووية والتسرب الإشعاعي قضية غاية في الخطورة تهدد حياة البشرية جمعاء وتلوث وتدمر مواردها الطبيعية، وبالتالى فهى تمثل كارثة اقتصادية تتعاظم يوماً بعد يوم، ورغم ذلك فإن هذه القضية لا تأخذ نصيباً كافياً لدى أجهزة الإعلام بكافة أنواعها، بل أنها لا تكاد تُذكر إلانادراً، إن ذكرت يكون ذكراً هامشياً، وهو أمر يثير الدهشة والتعجب، كما أنه يثير الريبة في هذا التكتم، فبالرغم من أن كل الدول الأعضاء في الوكالة الدولية للطاقة الذرية تنتج نفايات نووية، إلا أن الكتمان والغموض يحيطان بالكميات التى تنتجها هذه الدول من النفايات النووية وأماكن دفنها وتشكل خطورة شديدة للغاية لمدة تستمر لمائة ألف عام تظل خلالها مصدراً قاتلاً يهدد كافة أشكال الحياة قبل أن يعود اليورانيوم لحالة الإشعاع الطبيعي التى كان عليها في مادته الخام، وعلي الرغم من أن المفاعلات النووية لا تنتج سوى أقل من ٥% من الطاقة السلمية المستخدمة في العالم،فإن مفاعل نووى واحد بقوة ١٠٠٠ ميجاوات ينتج في السنة ٣م٣ من النفايات النووية ذات الإشعاع العالي، و٥٠م٣ من النفايات ذات الإشعاع المتوسط والخفيف،

ويلزم ما يترواح بين ٥٠٠-٣٥٠٠ طن من اليوارنيوم الخام للحصول علي طن واحد من اليورانيوم المركز،ويتحول معظم المتبقي إلى نفايات، كما أن المفاعلات النووية تعمل بيورانيوم مخصب يتم تجديد واستبدال ٣٣% منه سنوياً، والمستبدَل يتحول إلى نفايات تظل محتفظه بالإشعاع النووى، وهذا النوع من النفايات يتزايد بما يقدر بحوالي ١٢ ألف طن سنوياً وقد بلغ ٢٠٠ ألف طن عام ٢٠١٠، وحتى الآن لم يتوصل العلماء إلى حلول للتخلص من النفايات النووية سوى بدفنها تحت سطح الأرض أو في أعماق المحيطات،وإن كانوا يدرسون حالياً إمكانية إرسالها للفضاء الخارجي ولكنه أمر لازال أمامه عقوداً من الزمن حتى يتم حسمه أو التأكد عملياً من القدرة علي تنفيذه وتكلفته.

تصدير الموت والخراب الاقتصادي

وتصل تكلفة التخزين الجيولوجي للنفايات النووية في فرنسا وحدها إلى ما يزيد عن ٦٠ مليار يورور، في حين وصل عدد مدافن النفايات الخطيرة في أمريكا إلى حوالى ٥٠ ألف موقع دفن، ويوجد ٧١ ألف طن نفايات نووية فى أمريكا لا يزالوا يبحثون عن أماكن لدفنها، حيث كان يتم دفن النفايات النووية فى الصحراء الأمريكية إلا أنها لوثت المياه الجوفية،كما أن سكان المناطق التى تم الدفن فيها أصيبوا بالعقم وبأنواع مختلفة من السرطانات والأمراض الخطيرة،لذلك تم إيقاف دفن النفايات بالأراضي الأمريكية والاتجاه إلي دفنها في المكسيك وبعض دول أمريكا اللاتينية، كما أن المحيطات أصبحت هى الأخري أكبر مزبلة للنفايات النووية من قبل العديد من الدول من ضمنها أمريكا وفرنسا واليابان وروسيا، وتأتى بريطانيا في المقدمة حيث يوجد ١٠٠ ألف طن نفايات نووية بالمحيطات ٨٠ % منها ألقتها بريطانيا، وبالرغم من أن الأمم المتحدة قد منعت في عام ١٩٩١

إلقاء براميل النفايات النووية فى المحيطات،إلا أن المفاعلات النووية تحايلت علي ذلك بمد أنابيب لتصريف نفاياتها فى البحار مباشرة، مما يلوث الثروة السمكية وما يستتبعه ذلك من خسائر اقتصادية ومخاطر جسيمة علي صحة الإنسان، ولتجنب الآثار المدمرة لتلك النفايات تلجأ الكثير من الدول الصناعية لسياسة دفن النفايات خارج أراضيها، خاصة في أفريقيا ودول العالم الثالث، وتمثل أفريقيا وبعض الدول العربية مدفناً نموذجياً لتلك الدول الصناعية نظراً للفرق الهائل في تكلفة الدفن، حيث أن تكلفة دفن الطن الواحد من النفايات النووية لا يزيد عن ٤٠ دولاراً، في حين أن التكلفة في أوروبا تصل إلي ما بين ١٥-٢٠ ضعفاً وفي أمريكا تصل إلى ما بين ١٤-٣٦ ضعفاً لتكلفة الدفن أفريقيا أو عربياً، وقد تعاقدت شركات إيطالية على دفن نفايات نووية بسعر ٨٠٠ دولار للطن الواحد ثم قامت بدفنها بسعر ٤٠ دولار للطن في أفريقيا، وفى العراق يوجد ٣٢ مليون طن من نفايات العتاد العسكرى والصواريخ والقذائف التى يدخل اليورانيوم في مكوناتها، مدفونه في ١٤ موقعاً موزعة على عدة محافظات، وخلال الخمسة سنوات الماضية

تم إحصاء ٦٤ ألف إصابة بالسرطان في العراق، وفى شهر يوليو من عام ٢٠١٠ نشرت جريدة المصرى اليوم أنها حصلت على مستندات خطيرة من ضمنها دفن نفايات نووية بالأراضى السودانية، وأنه تم اتفاق بين الرئيس السودانى السابق جعفر نميرى وشركة ألمانية على دفن النفايات الذرية من جميع دول العالم فى منطقة وادى هور داخل الحدود السودانية المتاخمة للأراضى المصرية/الليبية، مقابل أربعة مليارات دولار، وهى الصفقة التى واجه نميرى بسببها تهمتى تقويض الدستور والخيانة العظمى.

<u>إسرائيل أم الجرائم</u>

وكالعادة نجد إسرائيل دوماً شريكاً أساسياً في معظم المصائب، ولم يفوتها طبعاً أن تكون على رأس القائمة في هذه الكارثة بالمنطقة، حيث تعد إسرائيل من أبرز مجمعات النفايات السامة إقليمياً وعالمياً، فهي تلقي نفاياتها الصناعية السامة في البحار مما يهدد شواطيء الدول المجاورة، وقد دفنت في عام واحد فقط نحو ٤٨ ألف طن من النفايات النووية، علاوة علي نفايات كيماوية بلغت ١٠٠ ألف طن، بالإضافة إلي ٥٢ ألف طن

سبق أن دفنتها في أماكن سرية فى سيناء، و٦٠ ألف طن تم دفنها بصحراء النقب في براميل غير محكمة الإغلاق تمثل خطورة داهمة علي مصادر المياه والزراعة فى الأردن، كما أشارت بعض التقارير إلي أن إسرائيل قامت بحفر ٤ أنفاق في الجولان لدفن نفاياتها النووية، بخلاف ما تم دفنه في أعماق البحر الأحمر، وقد ذكرت صحيفة الصنداي تايمز قبل أكثر من عشر سنوات علي لسان الخبير النووى موردخاي فعنونو أن مفاعل ديمونة الإسرائيلي قد عفا عليه الزمن وفق المعايير الدوليّة، وأنه يعدّ منتهي الصلاحية حسب المقاييس العلميّة، كما أن هناك إشارات إلى توقع حالة تسرب به بسبب تشقق في جدرانه، وهو ماأكدته مراصد المراقبة الإشعاعية بوجود زيادة ملحوظة في نسبة الإشعاع عن الحد المسموح به في مساحات كبيرة من المناطق المجاورة للمفاعل،وفي شهر يوليو ٢٠٠٣ كشف تقرير أذاعته القناة الثانية بالتلفزيون الإسرائيلي أن العشرات من عمال مفاعل ديمونة النووي ماتوا تأثرًا بالسرطان ولكن إدارة المفاعل والحكومة الإسرائيلية رفضوا مجرد الربط بين إصابة هؤلاء العمال بالسرطان وبين وجود تسرب إشعاعي بالمفاعل، ومفاعل ديمونة ينتج بشكل واضح البلوتونيوم الذي يدخل

كوقود أساسي للقنابل النووية، وينتج بشكل منفصل في مرفق من مرافق محطة ديمونة، وقد زادت نسبة الإنتاج من البلوتونيوم بشكل لافت إلي ما يقارب ٤٠ كجم من البلوتونيوم، وتطوّرت النسبة أكثر في السنوات الأخيرة، وهو ما يعني أنّ عمر المفاعل يقلّ في حين تزداد نسبة إنتاج البلوتونيوم، وبذلك تزداد الخطورة أكثر فأكثر مما سيؤدي لا محالة إلى كارثة بيئية يتوقع المتخصصون أن تكون أبشع بكثير من كارثة تشرنوبيل التي حدثت عام ١٩٨٦، وتحتل إسرائيل حالياً المرتبة الثانية عالمياً من حيث المقدار النسبيّ لحجم البلوتونيوم المنتج، وهو ما أثار قلقاً كبيراً لدى الأوساط الإنسانيّة والعلميّة ممّا قد يحدث نتيجة لذلك على مستوى المنطقة.

ورغم ذلك لم تستطع الوكالة الدولية للطاقة الذرية حتى الآن طلب زيارة مفاعل ديمونة الذي يثير الكثير من الجدل في عموم الأوساط العلمية والسياسية، كما أن إسرائيل لا تسمح لأي من مندوبي الوكالة بالوصول إلى المحطة عموماً وإلى المفاعل خصوصاً، وتعتبر السلطات الإسرائيلية الإقتراب من هذا المفاعل عملاً عدوانياً يعرض أمن إسرائيل للخطر، وقد أشارت دراسة فلسطينية قدمت من سلطة جودة البيئة إلي مجلس الوزراء العرب المسئولين عن البيئة إلى مدى خطورة هذا المفاعل،

وذكرت الدراسة أنه بالرغم من التوسع المستمر في طاقة المفاعل الإنتاجية للأسلحة النووية فإن قبة المفاعل ومبنى التبريد لم يطرأ عليهما أي تغيير منذ بدء تشغيله في ديسمبر ١٩٦٣ الأمر الذي يجعل مفاعل ديمونة قنبلة موقوتة تنذر بخطر بيئيّ فادح في المنطقة بأسرها، ولفتت الدراسة إلى وجود اعوجاج بالأنابيب التي تدخل إليها أعواد اليورانيوم مما يخلق مشاكل في الإدخال والإخراج في المفاعل، وكذلك إمكانية تسرب المياه الثقيلة المشعة نتيجة لشروخ في الأنابيب الأمر الذي سيؤدي إلى حدوث تلوث كبير للبيئة المحيطة، وما يؤكد احتمالات المخاطر الجسيمة المدعومة بصور للأقمار الصناعية هو رفض إسرائيل السماح بالرقابة الدولية على هذا المفاعل خاصة المتعلقة بالسلامة، كما حذر خبراء في علم الزلازل من تعرض مفاعل ديمونة الإسرائيلي لخطر تسريب إشعاعي في حال حدوث هزة أرضية، ونقلت صحيفة يديعوت أحرنوت الإسرائيلية عن مدير المعهد الجيوفيزيائي في إسرائيل أوري فريدلندر تحذيره من أنه إذا حدثت هزة أرضية في إسرائيل مشابهة لما حدث في اليابان

فأنه يخشى حدوث تسريب في مفاعل ديمونة النووي، كما قال محاضر الهزات الأرضية في جامعة بن جريون رون آفني أن المفاعل النووي بني بالقرب من الصدع السوري الأفريقي في الخمسينات حيث لم يكن حجم المعرفة عن الجيولوجيا والهزات الأرضية كبيراً في ذاك الوقت، وأضاف أنه في فترة الخمسينات كان معروفاً بشكل عام بأن هذا الصدع هو مصدر الهزات الأرضية التي تحدث بمنطقة المفاعل كل مائة عام تقريباً، وحدثت الهزة الأخيرة عام ١٩٢٧، ومن المتوقع في حال انفجار المفاعل أن يصل الضرر الناتج عنه لدائرة نصف قطرها يصل شمالاً لقبرص وبنفس المسافة جنوباً وشرقاً وغرباً.

وبالنسبة لمصر لم تنجو من دفن النفايا المشعة فى أراضيها حيث كشفت تقارير عن تورط نظام مبارك وعدد من قيادات ورموز نظامه وقيادات عسكرية وسياسية بما فيهم نجله جمال مبارك ووزير الزراعة السابق أمين أباظة في دفن النفايات النووية الإسرائيلية المشعة ونفايات مفاعل ديمونة الإسرائيلي فى صحراء سيناء ومناطق صحراوية مصرية.

وطالبت المنظمة بفتح ملف دفن الألغام فى الصحراء الغربية المصرية إبان الحرب العالمية الثانية وإجبار الدول الغربية على تحمل نفقات إزالة الألغام من الصحراء الغربية وعلى رأسها إيطاليا وألمانيا والمطالبة بتعويضات مالية و إزالة تلك الألغام، مطالباً بتقديم المتورطين بارتكاب تلك الجرائم للجنايات الدولية وإرسال فريق من وحدة قياس الإشعاعات بالوكالة الدولية للطاقة الذرية إلى سيناء للكشف عن تلك النفايات الخطيرة التي تعتبر جريمة حرب ضد الشعب المصري.

وأعدت منظمة العدل والتنمية تقريرًا، نوهت فيه إلي قيام النظام السابق بدفن نفايات نووية مشعة بصحراء المراشدة ونجع حمادي لمساحات تبلغ حوالي ٧ آلاف فدان تعود ملكيتها لرجل أعمال من أصول يهودية سهل له نظام مبارك ولجنة الزراعة بمجلس الشعب دفن تلك النفايات بحجة الاستثمار الزراعي.

ولقد حرر المستشار محمد طلعت عبد النبي مستشار الشركة اليابانية بقنا شوجى توماتا محضراً برقم ٤٠٤ لينة ٢٠١٤ إداري، وتم تحويله لنيابة الوقف يتهم فيه زيدان القنائي القيادي بالمجلس السياسي للمعارضة المصرية ومدير منظمة العدل والتنمية بالتشهير بالشركة بعد تناول ملف دفن النفايات النووية المشعة بأراضي الشركة وبسيناء منذ فترة.

لاشك أن الاكتشافات العلمية الهائلة التي توصل إليها الانسان هي سلاح ذو حدين، ومن أهم هذه الاكتشافات الطاقة النووية التي لها فوائد جمة لكن في الوقت ذاته لها أضرارها البالغة، وحتى لو لم يتم استخدام الطاقة النووية في الأغراض العسكرية، فإن الاستخدامات السلمية تنتج عنها نفايات نووية في غاية الخطورة وتعتبر النفايات بصفة عامة من ملوثات البيئة إلا إذا أمكن

التخلص منها بطريقة لا تترك آثارًا ضارة، وقد عمدت بعض الدول الصناعية للتخلص من نفاياتها بطرق عديدة بدون ترك آثار ضارة على بيئتها ومن هذه الطرق تصدير النفايات الصناعية الى بلدان العالم الثالث.

وكانت الطريقة المألوفة في التخلص من النفايات، وخصوصًا الصناعية هي تصريفها في مياه البحار والمجاري المائية أو دفنها في مدافن تحفر خصيصاً لهذه العملية وفي منتصف القرن الماضي بدأ استخدام الطاقة النووية بتوسع سواء في الأغراض السلمية أو الترسانة العسكرية ومن أهم المشكلات التي صاحبت هذا التوسع مشكلة التخلص من النفايات النووية، نظراً لأن لها طبيعة خاصة تتمثل في عدم اختفاء آثارها السلبية على البيئة وصحة الإنسان حتى مع دفنها في مسافات عميقة تحت سطح الأرض.

ومع تزايد النشاط الصناعي في أوروبا وأمريكا تزايدت كميات النفايات الضارة المتخلفة من الصناعات المختلفة وتزايدت بالتالي مشكلات التخلص منها في أراضي الدول التي تنتجها، وكان الحل هو دفن تلك النفايات في أراضي دول أخرى، ومن أهم أنواع النفايات التي تقوم الدول المتقدمة بتصديرها للعالم الثالث النفايات الصناعية والنووية.

وللتخلص من النفايات النووية ، تقوم بعض الدول، بدفنها تحت الأرض أو في قاع المحيطات وفقًا لقوة الإشعاعات الصادرة منها الضعيفة والمتوسطة، وتوضع بعد تبريدها في باطن الأرض حيث تحاط بطبقة من الأسمنت أو الصخور أو حاويات زجاجية قوية، وأحيانا يتم إلقائها في مياه البحار والمحيطات، أما النفايات ذات الإشعاعات القوية، فتوضع في الماء لتبريدها، ثم تدفن على أعماق كبيرة في باطن الأرض وفي أماكن بعيدة عن التجمعات البشرية.

دول الخليج

يعد سعي الدول المتقدمة لدفن نفاياتها النووية في أراضي دول أخرى جريمة بحد ذاتها، ولعل أقرب مثال على ذلك هو فضيحة قيام الحكومة الأمريكية بدفن نفاياتها النووية المتمثلة في اليورانيوم المنضب في أراضي الخليج العربي خلال فترة حرب الخليج الثانية وما بعدها، الأمر الذي يجعل المنطقة بأكملها ملوثة بالنفايات النووية لمدة لا تقل عن نصف مليون سنة قادمة وفي دراسة لفريق علمي، أوفده إلى العراق المركز الطبي لأبحاث اليورانيوم وهو مركز علمي دولي مستقل برئاسة العالم الأمريكي أساف دوراكوفيتش،

وبالتعاون مع العالم الألماني سيجفرت هورست جونتر، والعالم العراقي محمد الشيخلي- والثلاثة متخصصون بالطب الذري والإشعاع، أكدت النتائج الأولية للدراسة، التي أجريت خلال الفترة من ٩/٢٧ وحتى ٢٠٠٣/١٠/١٠ ونشرت تفاصيلها على شبكة الإنترنت، وجود تلوث إشعاعي واسع وخطير، كما أوضحت أن مستويات التلوث الإشعاعي تتراوح ما بين مئات وآلاف المرات عن الحد المسموح به بسبب استخدام القوات الأمريكية والبريطانية لكميات من ذخيرة اليورانيوم المنضب أكثر بكثير مما استخدمته منها في حرب عام ١٩٩١، مقدراً إياها بنحو ١٧٠٠ طن.

وقبلها تسببت حرب تحرير الكويت من الغزو العراقي عام ١٩٩١، والتي استخدمت فيها أسلحة معتمدة في تصنيعها على اليورانيوم، في تعريض مساحات كبيرة من الأراضي السعودية لمواد مشبعة باليورانيوم والزرنيخ والزئبق والكادنيوم، أدت إلى إصابة أكثر من ٢٠ ألف شخص بالسرطان، بمعدل ١٥٠٠ حالة سنويًا، وتكليف الخزانة السعودية ٥ مليارات ريال مع استمرار انتقال غبار هذه المواد عبر الرياح بين المناطق الشمالية للسعودية وقد أكد البروفسور الألماني آزاد خانقاه من جامعة هنوفا الألمانية

والمتخصص في الزراعة البيولوجية، أن هناك حاجة ماسة لعلاج الأراضي التي ما تزال مشبعة بالمواد المشعة من اليورانيوم وغيرها من المواد الضارة التي تؤدي إلى أمراض جلدية وسرطان خاصة أن زراعة مثل تلك الأراضي المشبعة بالمواد الضارة بالبرسيم من نوع المورسانيا كفيل بتنقية هذه الأراضي، وبتكلفة تصل إلى نحو ٢٥٠ مليون ريال موزعة على ٥ سنوات، أما بقاء تلك الأراضي دون زراعة فقد يتسبب في انتقال الأتربة والمواد الضارة من خلال الغبار والهواء إلى باقي مناطق الخليج الأخرى، والتي تزداد معها نسبة الإصابة بأمراض السرطان والعقم وغيرها من الأمراض المستعصية.

العراق

كشف تقرير أصدره اتحاد الأسرى والسجناء السياسيين في العراق وهو منظمة غير حكومية، عن أن قوات الاحتلال الأميركي تدفن النفايات النووية في الصحراء الغربية والصحراء الجنوبية الممتدة من مدينة النجف الأشرف إلى الحدود السعودية، محذرًا من أن العراق بات يتحول تدريجيًا ليعاني من الجفاف والتصحر والجوع وتداخل فصول السنة ويحتاج إلى أكثر من ٢٠ سنة بعد تحريره كي يعود إلى ما كان عليه عام ٢٠٠٣.

ومنذ دخول الولايات المتحدة العراق، وهناك تقارير تشير إلى أنهم لن يكتفوا فقط بضمان الحصول على ثروات هذا البلد العريق، بل سيقومون بإحضار ودفن النفايات النووية القاتلة، وبالفعل في سبتمبر ٢٠٠٦ كشفت مصادر عراقية النقاب عن أن اتفاقًا سريًا أبرم بين اسرائيل والادارة الامريكية يتضمن السماح لتل أبيب بدفن النفايات النووية والمخلفات السامة الناجمة عن المفاعلات النووية الاسرائيلية في منطقة الأنبار غرب العراق، مشيرة إلى أنه بموجب هذا الاتفاق ستقوم طائرات وشاحنات اسرائيلية بنقل هذه النفايات من فلسطين المحتلة عبر اجواء وأراضي الأردن.

الباب الرابع

خطرها على قارة أفريقيا

خطر النفايات على قارة أفريقيا

تواجه قارة أفريقيا خطراً جديداً يهدد سلامة أراضيها وصحة موطنيها وأجيالها القادمة، حيث تكشف فى الآونة الأخيرة العديد من عمليات دفن النفايات السامة والنووية فى أراضيها بطرق مشروعة وغير مشروعة وفى كل الأحوال فإن دفن النفايات فى أفريقيا يتم بأساليب لا تراعى شروط الأمان مما يشكل خطورة بالغة على صحة البشر، ليس فى هذا الجيل فقط وإنما على الأجيال القادمة، وأيضا تعرض أراضى القارة السمراء لخطر يهدد قدرتها على الإنتاج الزراعى والتعدينى اللذين يمثلان العمود الفقرى لاقتصادياتها ومما يزيد من خطورة الأمر أنه لا يستطيع أحد أن يجزم أن كل مناطق دفن النفايات فى أفريقيا محددة ومعلومة، فكل يوم تنكشف حقائق عن صفقات ومناطق جديدة مما يؤكد أن المشكلة ما زالت قائمة والخطر داهماً وهناك دراسات تشير إلى أن المخلفات الصناعية الخطرة تشكل ما بين ٢٠% و٣٠% من إجمالى المخلفات الخطرة فى العالم وقد أنتجت البلدان الصناعية حوالى٩٠% من إجمالى المخلفات الصناعية الخطرة فى العالم، أما ال ١٠% الباقية فقد خرجت من الدول الحديثة التصنيع والدول النامية

وتزداد المخلفات الصناعية الخطرة فى العام بنسبة ٣% سنويا، وهو ما يجعل مشكلة دفنها مشكلة متنامية بدورها والجدير بالذكر هنا أن العالم ينتج حوالى ٤٠٠ مليون طن سنوياً من النفايات الصناعية الخطرة، منها حوالى ٣٠ ألف طن نفايات نووية منخفضة ومتوسطة الإشعاع، وحوالى ١٠ آلاف طن عالية الإشعاع، والكمية الباقية نفايات سامة خطرة تمثل بقايا المخلفات الصناعية،وفى تقرير لمنظمة التنمية والتعاون الاقتصادى أن ما بين ١٠ و١٥% فقط من المخلفات الأوروبية الخطرة تستخدم مرة أخرى، وتوزع الكمية الباقية كالأتى:ـ ٦% فى الأرض أو البحر، ٨% للاستخدام الكيميائى لتنقية هذه النفايات،٨% تستخدم فى الأعمال البحرية، وما بين ٥٠% و٧٠% هى الكميات التى يجب التخلص منها وتحتاج إلى ١٣ مليار دولار تدفعها الدول الأوروبية وتحتوى هذه النفايات على مخاطر شديدة تضر بصحة الإنسان وسلامة البيئة، ويعتبر أخطر هذه النفايات ما يتصل ببقايا الزئبق والنيوديوم والفاناديوم والأنتيموان والديوكسين، وتشمل الخطورة بقايا أخرى كبقايا الورنيش والدهانات ومشتقات المحروقات والقطران،

وتأخذ هذه النفايات أشكال مختلفة فمنها السائل ومنها ما يكون على شكل رمال أو رماد للصناعات التى تنتجه، وتكمن خطورة هذه النفايات فى درجة السموم التى تبثها وفى قدرتها على إحداث تلوث بيئى، وفى العمر التلوثى للنفايات الذى قد يصل إلى مئات أو آلاف السنين، إذا لم تعالج وتحتفظ بشكل آمن أو تركت فى العراء وسوف نضرب مثالا لإنتاج النفايات السامة إذ أن إنتاج سيارة واحدة وزنها ١٠٠٠ كيلو جرام يؤدى إلى إنتاج بقايا ونفايات سامة وزنها ٥٠٠ كيلو جرام

ومن أهم خصائص النفايات النووية التحلل الإشعاعى والأشعات النووية الصادرة عنها والانبعاث الحرارى المصاحب لها، كما أن هناك أيضاً النفايات الغازية والسائلة والصلبة وتشكل النفايات بأنواعها المختلفة خطراً على الإنسان والبيئة مما يستلزم ضرورة التحكم فيها بدقة والتعامل معها بحذر والتخلص منها بأمان وتعانى الدول الصناعية الكبرى من مشكلة التخلص من النفايات بأنواعها المختلفة خاصة النووية

فرغم أنها الأقل حجماً لكنها الأكثر خطورة إذ أن الدول الصناعية هى التى تمتلك صناعات ضخمة ومفاعلات نووية وصناعات معتمدة على الطاقة النووية ويتمثل الحاجز الإشعاعى الأول فى احتواء النفايات فى صورة مركبات صلبة عديمة الذوبان فى الماء، ويتم ذلك بتركيزها وتحويلها بخلطها بالسيلكا إلى مركبات زجاجية صلبة لها خصائص تتحمل عوامل الضغط والحرارة والظروف الكيميائية المتواجدة فى موقع التخزين النهائى أما الثانى فيتمثل فى احتواء النفايات داخل أوعية خاصة من الصلب غير قابل للصدأ وذات سمك مناسب لتحمل الضغوط العالية مثل تلك الضغوط من الغواصات فى أغوار المحيطات، ولتوفير حماية إضافية، ضد تآكل أوعية حفظ النفايات فإن بعض الدول مثل السويد تتبنى فكرة تغليف هذه الأوعية بطبقة من الرصاص بسمك ١٠ سنتميترات، بالإضافة إلى غلاف خارجى من مادة التيتانيوم بسمك ٦ مم

وتحاط أوعية حفظ النفايات فى موقع التخزين داخل التكوينات الجيولوجية بطبقات مضغوطة من مواد الحشو والعزل والتى تمثل حاجزا إضافيا لمنع وصول المياه الجوفية للأوعية، وتختار مواد الحشو والعزل من المواد الطبيعية والتى تتميز بثبات خواصها لفترات طويلة من الزمن والتى لديها القدرة على امتصاص المياه ومنع وصولها إلى الأوعية وهذه المواد عادة من الطمى والطفلة والحصى والصخور المجروشة

٤- تشكل التكوينات الجيولوجية المستخدمة فى التخزين النهائى للنفايات حاجزاً إشعاعياً هاماً يمنع وصول الإشعاعات والمواد الشمعة إلى الإنسان سواء بالطرق المباشرة أو غير المباشرة، ويتم اختيار هذه التكوينات الجيولوجية طبقاً لمعايير أمان دقيقة بعد دراسات جيولوجية وسيزمية مستفيضة، وتختار التكوينات الجيولوجية المناسبة لحفز أوعية النفايات عادة على عمق مئات الأمتار لتكون بعيدة تماماً عن القشرة الأرضية وبذلك نضمن ثبات واستقرار هذه التكوينات الجيولوجية عبر ملايين السنين ٠

لماذا يدفنون فى أفريقيا:-

من المعروف أن إجراءات التخلص من النفايات بأنواعها المختلفة تكون ذات تكاليف مرتفعة للغاية، كما أنه لا يمكن الحديث عن أمان مطلق عند دفن النفايات حيث يظل احتمال تعرض أماكن دفنها لزلازل أو لأى ظواهر طبيعية غير معتادة تبعث خطرها من جديد على البشر والبيئة بشكل مروع أمر وارد الحدوث فارتفاع تكاليف الدفن الآمن للنفايات بالإضافة إلى عدم توافر الأمان المطلق، دفعا العديد من الدول الصناعية الكبرى والشركات المنتجة لهذه النفايات إلى البحث عن مدفن أقل تكلفة ويبعد الخطر عن أراضيهم وقد وجدت ضالتها المنشودة فى معظم البلدان النامية وعلى وجه الخصوص الدول الأكثر فقراً فى القارة الأفريقية ويرجع السبب فى ذلك إلى:-

١- أن تكلفة الدفن الآمن للبرميل الواحد من النفايات تتراوح ما بين ٥٠٠ و١٠٠٠ دولار طبقاً لنوعية النفايات ومدى خطورتها لذا تلجأ الدول والشركات إلى محاولات دفن النفايات فى البلدان الفقيرة بدون مراعاة لشروط الأمان التى يتطلبها ذلك مما يقلل إلى حد كبير تكاليف الدفن التى لا تتجاوز مائة دولار للبرميل الواحد،

ومن المنطقى أن الدول أو الأفراد الذين يسمحون بدفن النفايات لقاء هذه المبالغ الضئيلة ينفقون جانباً محدوداً منها على الدفن غير الآمن ويحتفظون بالجانب الأعظم كمقابل لقبولهم دفن النفايات ٠

٢ـ تتميز شعوب البلدان المتقدمة بالوعى البيئى حيث تمثل جماعات حكاية البيئة فى تلك البلدان جماعات ضغط لها تأثيرها ونجد أن نشاط تلك الجماعات المضاد لعمليات دفن النفايات فى بلادها ذا تأثير كبير يجبر الحكومات فى بعض الأحيان على التوقف عن دفن النفايات فى منطقة أو إقليم معين من البلاد، وإزاء تصاعد نشاط جماعات حكاية البيئة ووصول بعض منها إلى تكوين حزب ودخول البرلمان مثل حزب الخضر فى إيطاليا وألمانيا الغربية، لذا اتجهت بعض البلدان المتقدمة والشركات إلى الدول النامية وأكثرها فقراً بالذات لدفن النفايات الخطرة كى تتفادى ضغوط جماعات حماية البيئة وأحزاب الخضر ٠

٣ـ سادت موجة عارمة ضد الطاقة النووية عموماً ودفن نفاياتها، خاصة بعد أحداث تشرنوبيل التى رسخت الإحساس بالرعب من الطاقة النووية بشكل عام، ونتيجة لذلك نجد أن هناك رغبة من الحكومات والشركات فى الدول المنتجة للنفايات فى أبعاد مخاطرها عن بلادها والجدير بالذكر أن هناك العديد من الدول المتقدمة تقوم بدفن نفاياتها بأراضيها مثل فرنسا وإنجلترا والصين والاتحاد السوفيتى.

ظروف ومبررات قبول دفن النفايات:-

بعض الدول الأفريقية التى قبلت دفن نفايات بأراضيها تسوق العديد من الحجج والمبررات لذلك وتعتبر الظروف الاقتصادية السيئة التى تعانى منها هذه البلدان الأفريقية هى إحدى المبررات، ولذا كان من الصحيح أن الدول الأفريقية جنوب الصحراء تعانى من مشاكل اقتصادية طاحنة تصل حد الانهيار الاقتصادى الكامل فى بعض الحالات، وتصل حد تهديد وجود الدولة والأمة تحت وطأة مجاعة فى حالات أخرى، فإن الحل لا يكمن فى قبول دفن النفايات لاستخدام عائده فى درء الانهيار الاقتصادى، حيث لا يغنى ذلك العائد ولا يسمن من جوع من ناحية،

ومن ناحية أخرى فإنه فى كل الأحوال لن يدرأ الانهيار الاقتصادى بقدر ما سيضفى إليه انهياراً فى صحة البشر وسلامة القدرات الإنتاجية للأرض بما يزيد من تفاقم المشاكل الاقتصادية فى النهاية وسوف نتعرض بشكل سريع لمشاكل أفريقيا الاقتصادية التى دفعت البعض أو تعللت بها بعض تلك الدول فى قبولها دفن النفايات بأراضيها كما أنها كانت أيضا المدخل الذى تسلك به الدول والشركات الصناعية إلى أفريقيا ٠

<u>المشاكل الاقتصادية فى أفريقيا:-</u>

إن طبيعة المشاكل الاقتصادية الهيكلية التى تعم القارة الأفريقية والناجمة عن عديد من العوامل المتشابكة مثل السياسات الحكومية فى المجال الاقتصادى والاعتماد فى التنمية على سياسات حفز التصدير التى تجعل تطور الإنتاج والتنمية فى أفريقيا مرتبطاً بأسعار سلع أولية، ومرتبطاً أيضاً بالظروف الاقتصادية فى الدول المستوردة وهى الدول الصناعية الكبرى غالباً، كما يجعل الاحتياجات الاجتماعية المحلية غير مشبعة، وقد تفاقمت المشاكل الاقتصادية فى أفريقيا بسبب الجفاف والتصحر والجوع والقحط الذى حل بالقارة فى الآونة الأخيرة

مما أصاب القارة بنوع من الانهيار، ليس الانهيار الاقتصادى فقط، بل والانهيار السياسى والاجتماعى أيضاً واتضحت معالم الانهيار الاقتصادى فى ميادين عديدة وملامح متعددة إذ نجد انخفاض إنتاجية الفرد زراعيا وصناعيا، وعجزاً شديد فى إنتاج السلع والخدمات الأساسية، وسيادة نوع من الفوضى فى شبكات النقل والاتصال، فضلا عن التدهور الكبير الذى أصاب شروط التبادل التجارى فى غير صالح الدول النامية عموما والدول الأفريقية خصوصا، الأمر الذى أثر على صادرات تلك الدول والتى تتمثل فى المواد الأولية والتى أصيبت أسعارها بهزة عنيفة نحو الهبوط مقابل التصاعد الملحوظ فى أسعار الطاقة والسلع الصناعية والتى تمثل واردات تلك الدول كل هذه العوامل وغيرها من العوامل الأخرى أدت إلى حدوث تدهور شديد فى الأداء الاقتصادى للبلدان الأفريقية وفى قدرتها على مواجهة احتياجات البشر فيها حتى تلك الاحتياجات الضرورية من الغذاء وهو ما أدى لظهور المجاعات بالصورة المأساوية التى سادت شرق أفريقيا وبعض دول الغرب الأفريقى فى الثمانينات

ومن العوامل التى أصابت البنية الاقتصادية والاجتماعية فى القارة الأفريقية بمزيد من التدهور تفاقم أزمة الديون، ويكفى أن نذكر ما ورد بتقرير بنك التنمية الأفريقى لعام ١٩٨٧ عن أن إجمالى الدين الخارجى القائم غير المسدد لأفريقيا بلغ ٢١٢٩ مليار دولار أمريكي فى عام ١٩٨٧ مقابل ١٨٧٢ مليار دولار فى عام ١٩٨٦، ورغم أن المبلغ المطلق لدين أفريقيا الخارجى صغير بالقياس لدين المناطق الأخرى، إلا أنه يمثل نسبة كبيرة من الناتج المحلى الإجمالى للمنطقة أو صادراتها، إذ يمثل هذا المبلغ حوالى ٤٥% من إجمالى الناتج المحلى الإجمالى للقارة، ويكفى أن نذكر أيضاً أن مدفوعات أفريقيا لخدمة الدين بالنسبة لإجمالى حصيلة صادراتها قد بلغت ٣٧% عام ١٩٨٧ وازداد الموقف تفاقماً جراء عدم كفاية حصيلة الصادرات وضعف النمو الاقتصادى الإجمالى، والأمر الذى خفض كثيراً من القدرة على خدمة الدين أن تفاقم أزمة الديون الأفريقية تبرزه حقيقة يؤكدها تقرير التنمية الصدر عن البنك الدولى لعام ١٩٨٧ والذى يؤكد بدوره أن من بين أفقر ٣٥ دولة فى العالم يوجد منها ٢٤ فى أفريقيا جنوب الصحراء

تفاقم مشاكل التصحر وغزو الجراد والعجز الغذائى:-

كذلك تواجه أفريقيا مشاكل اقتصادية حادة نتاج التصحر، حيث أدى الرعى المكثف غير الرشيد، وعمليات قطع الأشجار غير المنظمة وغير المرتبطة بزراعة أشجار بديلة،بالإضافة إلى زحف الكثبان الرملية المتحركة على الأرض الزراعية والمراعى، كل هذه العوامل أدت إلى تحويل الأرض الزراعية إلى صحراء، ونخلص من ذلك إلى أن التصحر فى أفريقيا أدى إلى اقتطاع جزء من القدرات الإنتاجية لدول القارة التى عانت من هذه الظاهرة التى تسلب الأرض الزراعية أو المراعى وتحولها إلى صحراء جرداء غير منتجة كذلك فإن أفريقيا تعرضت فى السنوات الأخيرة وتتعرض حالياً بصفة خاصة لغزو مدمر من أسراب هائلة من الجراد، وحذرت المنظمة الأمريكية للتنمية الدولية من أنه سيؤدى إلى تدمير كبير للمحاصيل الزراعية فى العديد من الدول الأفريقية خاصة فى وسط وشرق القارة، وأيضاً فإن موجة عالية من الجفاف ضربت العديد من الدول الأفريقية خاصة فى شرق أفريقيا مما فاقم من افتقاد الأمن الغذائى فى تلك الدول لدرجة أنها لم تعد تستطيع تحت وطأة المشاكل آنفة الذكر،

أن تضمن الوضع الغذائى لمواطنيها الذين عانت أعداد هائلة منهم من المجاعة، وحسب تقدير اللجنة التنفيذية للمجموعة الأوروبية فإن أعداد من يواجهون المجاعة فى أثيوبيا على سبيل المثال سيتراوحون قريبا بين ستة وسبعة ملايين من البشر ومن المؤكد أن افتقاد الأمن الغذائى فى أفريقيا أياً كانت أسبابه يعد ظرفاً اقتصادياً سيئاً خاصة عندما يصل افتقاد الأمن الغذائى حد المجاعة وهذه الظروف السيئة كانت نقطة ضعف لدى الدول الأفريقية مثلت مدخلاً تسللت منه الدول المتقدمة وشركاتها لدفن نفاياتها فى القارة السمراء لقاء بضعة دولارات ٠

الأوضاع السياسة فى أفريقيا:-

بجانب المشاكل الاقتصادية التى مثلت مبرراً لدفن النفايات فى أفريقيا، ساهمت الأوضاع السياسة فى تسهيل دفن النفايات فيها حيث يسود معظم البلدان الأفريقية،نظم سياسية استبدادية فريدة ذات حكم فردى مطلق، وطبيعة تلك النظم قبلية عرقية تحكم مجتمعاتها من خلال القمع والقهر،ولا تستمد شرعيتها من الجماهير ومن مجتمعاتها المدنية بل كثيراً ما تستمد هذه الشرعية من خلال الشخصية الكاريزمية أو العرف والدين، لذا فهى تمارس القهر والقمع السياسى والاقتصادى والاجتماعى ضد جماهيرها ومجتمعاتها وغالبية الدول الأفريقية تتميز بسيطرة العسكر على الحكم عن طريق الانقلابات العسكرية، وكثيراً ما يقوم العسكريون بردع كل أشكال المعارضة السياسية، ومن ثم فإن وجودهم على رأس الحكم مزعزع يخضع للتغيرات التى تحدث فى علاقات القوى، وينتج عن هذا غياب شكل مستقر للسلطة السياسية، ومصادرة الحريات الأساسية للجماهير الأفريقية، علاوة على أن عدم توافر الوعى السياسى والاقتصادى والاجتماعى لدى تلك الجماهير يجعل النخب فى بعض الدول الأفريقية تحكم طبقاً لأهوائها الشخصية دون النظر لمصالح الجماهير،

ويسهل من هذا عدم وجود رقابة شعبية وانتشار الفساد والإفساد على المستويين الرسمى وغير الرسمى والجدير بالذكر هنا أنه تردد أن حكومة النمسا عرضت على الرئيس أنور السادات دفن نفاياتها النووية فى مصر، وأنه وافق على ذلك لكن موقف المعارضة أجبره على التراجع عن تلك الصفقة كما أن السودان فى ظل الحكم السابق كانت قد عقدت اتفاقيات لدفن النفايات فى أراضيها لكن قيام لثورة ألغى هذه الاتفاقيات المشبوهة ومنع ارتكاب الجريمة البشعة فى حق الأرض والشعب السودانيين ورغم النقص الشديد فى موارد البلدان الأفريقية ورغم الأزمات السياسية والاقتصادية والاجتماعية التى تعيشها إلا أن الطبقات الحاكمة فيها تعيش نمطاً سلوكياً واستهلاكياً تحاكى به الطبقات المالكة والحاكمة فى الدول الرأسمالية المتقدمة ،بمعنى آخر أن مستوى المعيشة للطبقات الحاكمة فى أفريقيا وأنماط استهلاكها سواء على المستوى الكم أو الكيف لا علاقة له بمستوى التطور الاقتصادى والمستوى العام للدخل فى بلدانهم، وإنما تتحقق تلك المستويات من خلال حصول الطبقات العليا فى بعض المجتمعات الأفريقية على الجانب الأعظم من الدخل القومى وكذلك من خلال الديون التى لا تتوجه لتمويل تنمية حقيقية تنهض بمستوى معيشة الشعب بقدر ما تنصرف إلى مشروعات تحقق مصالح

وتشيع احتياجات الطبقات الأعلى ، ونتيجة لنمط الاستهلاك المحاكى للغرب فى بعض الدول الأفريقية فإنها تدخل فى دوامة الديون،وقد تضطر إلى مثل عمليات دفن النفايات فى أراضيها بما يعنى أنها كى تحقق هذا النمط تتنازل عن جزء من أو كل سيادتها الوطنية لاسيما أن عديد من تلك البلدان خاصة الأقل تقدماً تعانى من سيطرة حقيقية على سياستها الداخلية والخارجية من جانب الدول الصناعية الكبرى عبر آليات وأدوات جديدة يعبر عنها بالاستعمار الجديد ومن أهم تلك الأدوات الشركات متعددة الجنسية التى تغزو تلك البلدان، والقروض والمعونات التى تربط الدول الأفريقية بدوائر التبعية والسيطرة السياسية والاقتصادية والاجتماعية للدول الصناعية الكبرى هذه بعض ملامح الأزمة التى تعيشها القارة الأفريقية والتى اتخذت مبرراً من قبل الأفارقة، ومدخلاً من قبل الدول الصناعية الكبرى لإضفاء نوع جديد من السيطرة والتحكم على الأولى من قبل الثانية بعمليات دفن النفايات فى أفريقيا؟ لم يكن من الممكن للدول الرأسمالية المتقدمة أو لشركاتها أن تدفن نفاياتها فى القارة السمراء لو لم يوجد من الأفارقة من يقبل أن تدفن النفايات فى أراضه فالمسئولية والجريمة لا تقع على عاتق الدول المتقدمة

وشركاتها فقط وإنما تقع أيضاً وربما بصورة أكبر على عاتق الدول الأفريقية والأشخاص الذين دخلوا كطرف ثان فى تلك الصفقات لدفن النفايات بصورة غير آمنة فى أفريقيا، وقد تمت تلك الصفقات بالاتفاق مع بعض الحكومات الأفريقية بصورة مباشرة ورسمية وقانونية، وتمت بعض الصفقات مع بعض الأفراد لتهريب النفايات بصورة غير مشروعة إلى بعض الدول الأفريقية بدون علم حكوماتها

الباب الخامس

إدارة النفايات المشعة

إدارة النفايات المشعّة

إن الهدف الأساس لأي برنامج لإدارة النفايات المشعة والتحكم فيها، هو الوصول إلى الوضع الذي يضمن حماية الإنسان والبيئة من مضار تلك النفايات،وقد يعني ذلك لاسيما في بعض حالات النفايات ذات مستوى الإشعاع المنخفض معالجتها ثم إطلاقها في البيئة، حيث إن معالجتها أو حفظها أو كليهما قد تؤدي إلى خفض مستواها الإشعاعي إلى حد يقل عن مستواها الإشعاعي الطبيعي في البيئة، لأن غير ذلك قد يعني الاضطرار إلى حفظ تلك النفايات لمئات أو آلاف السنين، ويبرز ذلك جلياً في حالة النفايات ذات المستوى الإشعاعي العالي.

ولا يعني اصطلاح حماية الإنسان والبيئة بالضرورة عدم احتمال وجود الخطر، ولكن قد يعني أن ذلك الاحتمال قابل للمواجهة والمعالجة، أو أن الفائدة للمجتمع من تحمل وجوده تبرر بقاءه ويمكن التخلّص من النفايات المشعّة حسب مستواها الإشعاعي كما يلي:

النفايات ذات المستوى العالي:

هناك عدة طرق مقترحة لحفظ النفايات ذات مستوى الإشعاع العالي، وإضافة إلى أن الكثير منها لا يزال في طور التجربة فهي باهظة التكاليف، ومن هذه الطرق ما يلي:

- الدفن في مداقن دائمة في أعماق مختلفة وفي تكونيات جيولوجية مستقرة.
- تغيير التركيب الذري من خلال قذف النفايات بجسيمات في معجلات أو مفاعلات الدفن تحت الجليد في أعماق بعيدة تحت المحيط المتجمد.
- الالقاء في الفضاء الخارجي.
- الدفن تحت قاع المحيطات.

ومن الجدير ذكره أن الدفن في تكوينات جيولوجية مستقرة لايزال هو الطريقة التي تحظى باهتمام كثيرين في الوقت الحاضر، ويجب عند تبني هذه الطريقة الأخذ في الحسبان عوامل عديدة، مثل: نوع الصخور، ونشاط الزلازل في المنطقة، والتكوينات المائية الموجودة في المنطقة أو القريبة منها، بالإضافة إلى العوامل النفسية وتقبّل الرأي العام لوجود مثل هذه المدافن.

وللتدليل على مدى تأثير العوامل النفسية وتأثير الرأي العام في مثل هذا المجال، يجدر ذكر أنه لا يوجد في الولايات المتحدة الأمريكية في الوقت الحاضر أي مدافن دائمة للنفايات، حيث لاتزال تحفظ بصورة مؤقتة في ٦٠ موقعاً تمثل مواقع محطات للقوى النووية، ويتوقع أن يصل هذا الرقم إلى أكثر من ٤٠ ألف طن في عام ٢٠١٠م.

النفايات ذات المستوى الإشعاعي المتوسط والمنخفض:

يمكن التخلُّص من أثرها الإشعاعي حسب حالتها، سواء أكانت سائلة أم صلبة، حسب ما يلي:

١- النفايات المشعة السائلة:

تحدد عادة الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع في كل دولة مستوى النشاط الإشعاعي الذي يجب أن تصل إليه النفايات المشعة السائلة قبل السماح بإلقائها في شبكة الصرف الصحي العامة، وتمر عملية إدارة النفايات المشعة السائلة بالخطوات والمراحل التالية:

التجميع: ويعمل به في حالة كون النفايات المشعّة السائلة ذات مستوى إشعاع منخفض لكنه أعلى من المسموح به من الجهة المختصة لإلقائه في شبكة الصرف الصحي العامة،

فإنه يتم تجميعها في أوعية من البلاستيك ذات أحجام مختلفة، أو أوعية زجاج في حالة وجود مواد عضوية عالقة، ويتم بعد ذلك القياس الدوري لمستوى الإشعاع، وعند وصوله إلى المستوى المسموح به فإنه يتم تصريف النفايات من خلال شبكة الصرف الصحي وعندما يكون حجم النفايات كبيراً جداً يتم حفظها في خزانات متصلة بعضها ببعض، وعندما يمتلئ أحد الخزانات يتم تحويل النفايات إلى خزان آخر، وتتم مراقبة مستوى الإشعاع في الخزانات السابقة.

المعالجة: في حالة احتواء النفايات السائلة على نويدات ذات عمر نصفي طويل،فإن ذلك يستدعي معالجتها قبل التخلّص منها،والمعالجة الكيميائية هي الأكثر شيوعاً، وتستخدم في معالجة المياه، مثل الترسيب والتبخير والتبادل الأيوني، وتتميز هذه الطرق بتكلفتها القليلة وإمكان معالجة عدد كبير من النويدات المشعة.

الأسس التنظيمية العامة لإدارة النفايات المشعة

هناك بعض الأسس التى تنظم عمل إدارة النفايات المشعة منها :

الالتزام الأساسي لإدارة النفايات المشعة

أ- لا يجوز استخدام أي مصدر مشع يمكن أن تتولد عنه نفايات مشعة، ما لم تتخذ الإجراءات المسبقة اللازمة لإخضاع النفايات المشعة المولدة عن هذا الاستخدام للمتطلبات والمعايير الواردة في هذه التعليمات، ولنظام الترخيص الذي تحدده الجهة المختصة.

ب- لا يجوز لجهة أو منشأة تنتج عن ممارساتها نفايات مشعة، أن يتداول هذه النفايات بأي نوع من أنواع التداول، كالتوليد أو التجميع أو الإعادة أو التصنيف أو الاحتواء، أو الحرق أو المعالجة الأولية أو النهائية أو التصريف، أو الإطلاق للبيئة أو التخزين أو التسليم أو النقل، أو التخلص منها بأي نوع من أنواع التخلص، إلا بعد الحصول على ترخيص بذلك من الجهة الوطنية المختصة.

ترخيص ممارسات النفايات المشعة والتفتيش

أ- يجب أن تعين المنشأة التي تنوي ممارسة أي عمل أو ممارسة تتضمن مواد أو مشعة، أو التي تتولد عن ممارساتها نفايات مشعة، أو التي تمارس أي أنشطة مرتبطة بالنفايات المشعة، منسقاً لإدارة هذه النفايات ويجب أن يكون المنسق مؤهلاً تأهيلاً فنياً، ترتضيه الجهة المختصة ويجب أن تمنح المنشأة المنسق الذي تعينه الصلاحيات الملائمة والاستقلال، الذي يمكنه من مراقبة إدارة النفايات مراقبة فعالة ويجوز أن يتولى مسؤول الحماية من الإشعاع في المنشأة دور منسق النفايات المشعة فيها، إذا وافقت الجهة المختصة على ذلك٠

أ- عند التأكد من استيفاء متطلبات الحماية والأمان، تصدر الجهة المختصة تراخيص منفصلة للممارسات الخاصة بإدارة النفايات المشعة،إلا أنه يجوز لهذه الجهة، في بعض الأحيان، أن تضمن ترخيص الممارسات المرتبطة بإدارة النفايات المشعة ضمن الترخيص العام باستخدام وتداول المادة أو المواد المشعة أو الأجهزة المصدرة للإشعاع٠

ج- تخضع جميع الممارسات،المرتبطة بطريق مباشر أو غير مباشر بالنفايات المشعة، وجميع الأماكن التي تمارس فيها هذه الممارسات، أو التي يمكن أن تؤثر عليها أو تتأثر بها، للتفتيش من قبل الجهة المختصة أو من قبل أية جهة أخرى، تفوضها هذه الجهة كذلك، يحق للجهة المختصة التفتيش على جميع الأشخاص القائمين بممارسات مرتبطة بالنفايات المشعة، وعلى جميع سجلات المواد أو النفايات المشعة، وأن تحصل على صور من هذه السجلات٠

تأمين النفايات المشعة وتسجيلها

أ- تتكفل كل منشأة حاصلة على ترخيص بتداول أي مصادر مشعة أو تنتج عن ممارساتها نفايات مشعة بتأمين سلامة هذه النفايات وعلى صاحب الترخيص اتخاذ كافة الإجراءات اللازمة ،ولمنع وصول أي شخص غير مرخص له إليها أو الاقتراب منها أو من أماكن وجودها وأن يؤسس نظاماً لحصر وتسجيل كافة النفايات المشعة المنتجة.

ب- يتكفل كل مرفق لإدارة النفايات المشعة بتأسيس نظاماً لحصر وتسجيل كافة النفايات المشعة المنتجة أو التي يتداولها وفقاً لمعايير ومتطلبات هذه التعليمات.

مسؤوليات ومتطلبات إدارة النفايات

المبادئ الرئيسة لإدارة النفايات المشعة وأهدافها تنبثق المبادئ الرئيسة لإدارة النفايات المشعة عن القواعد الأساسية للحماية من الإشعاعات المؤينة، الواردة في التعليمات العامة لاستخدامات الإشعاعات المؤينة وفضلاً عن تلك القواعد فإنه يجب على جميع الأطراف الالتزام بالمبادئ الإضافية الخاصة بإدارة النفايات المشعة والمتمثلة في الآتي:

أ-تنفيذ ممارسات إدارة النفايات المشعة بحيث لا تعوق هذه الممارسات للمصادر المشعة إمكانية الاستفادة من الثروات الطبيعية.

ب- تتم إدارة النفايات المشعة بالطرق والأساليب التي تحمي البيئة وتحافظ عليها حالياً ولا تلقى أعباءً إضافية على أجيال المستقبل.

ج-عدم تجاوز المخاطر المستقبلية الناتجة عن إطلاق هذه النفايات على صحة الإنسان داخل وخارج الحدود الوطنية.

د- تأمين حدود مقبولة لحماية صحة الإنسان في المملكة العربية السعودية نتيجة إمكانية التعرض لهذه النفايات.

هـ-عدم نقل النفايات المشعة عبر الحدود الوطنية أو الدولية إلا وفقاً لقواعد النقل الآمن للمواد المشعة في المملكة العربية السعودية ولأدلة الممارسة الصادرة عن الجهة المختصة وعن الوكالة الدولية للطاقة الذرية عند النقل الدولي.

و-خفض تولد النفايات المشعة للحد الأدنى الممكن.

ز-تأمين جميع مرافق إدارة النفايات المشعة طوال عمر هذه المرافق ضد إمكانية وصول البشر إليها.

<u>الأطراف المساهمة في إدارة النفايات:</u>

أ- فضلاً عن الجهة المختصة بالحماية والأمان، فإن الأطراف التي تتحمل مسؤوليات بالنسبة لتطبيق هذه التعليمات هي:

(١) الأطراف الرئيسة الحاصلة على تراخيص بممارسات أو مواد أو مصادر مشعة محددة ممثلة في شخص رئيسها أو مديرها.

(٢) المرافق الوطنية الحاصلة على تراخيص بممارسات مرتبطة بإدارة النفايات المشعة، كالتجميع والفصل والتجهيز والمعالجة والنقل والتخزين المؤقت والتخلص النهائي وغيرها.

(٣) الأطراف القائمة بالعمل في الممارسات المرتبطة بإدارة النفايات المشعة أو في الممارسات المرتبطة بالمصادر المشعة وهم(الخبير المؤهل، المنسق، مسؤول الحماية، العامل).

ب- يتحمل كل طرف من الأطراف المذكورة المسؤوليات الخاصة الواردة في هذه التعليمات، فضلاً عن ما يخصه من المسؤوليات العامة والخاصة الواردة في التعليمات العامة لاستخدامات الإشعاعات المشعة .

<u>المسؤوليات الخاصة بإدارة النفايات المشعة</u>

فضلاً عن ضرورة التزام جميع الأطراف بالمتطلبات العامة والخاصة الواردة في التعليمات العامة لاستخدام الإشعاعات والمواد المشعة ـ كل فيما يخصه ـ فإنه يجب على جميع الأطراف التي تمارس أنشطة أو أعمالاً ترتبط بالنفايات المشعة أن تتحمل المسؤوليات الخاصة بإدارة النفايات المشعة.

مسؤوليات منتجي النفايات المشعة ومعالجيها

أ- يتحمل مولد النفايات المشعة أو مشغل مرافق إدارة هذه النفايات المسؤولية كاملة عن إدارة النفايات المشعة الناتجة عن ممارساته وعن المواد المشعة التي يتداولها.

ب- على كل مولد للنفايات المشعة أو مشغل لمصدر تتولد عنه نفايات مشعة،أن يتكفل بتصنيفها وتجميعها ومعالجتها أو إعدادها للتخزين أو النقل بطريقة آمنة أو التخلص منها وفقاً لمتطلبات هذه التعليمات.

ج- يجوز لمولد النفايات أن يقوم بذاته بعمليات التخلص وفقاً لمتطلبات هذه التعليمات، كما يجوز له أن يتعاقد مع مرفقاً معتمداً لإدارة النفايات المشعة للقيام بتنفيذ بعض أو كل عمليات النقل أو المعالجة أو التخلص من النفايات المشعة المتولدة عن ممارساته وذلك بعد موافقة الجهة المختصة٠

د- يلتزم مولد النفايات المشعة ومشغل مرافق إدارة هذه النفايات بالآتي:

(١) تنفيذ تقويمات دورية لتقويم تأثير ممارساته على أمان البشر والبيئة.

(٢) توفير حماية للعاملين ولعموم البشر وللبيئة، وفقاً للمعايير الواردة في التعليمات العامة لاستخدامات الإشعاعات المؤينة .

(٣) توفير الخبرات البشرية المناسبة، والتجهيزات الفنية والمتطلبات الأخرى اللازمة لإدارة النفايات المشعة وتوفير التدريب للعاملين وتحديد خطوات العمل واجبة الإتباع.

(٤) تأسيس برنامج لتوكيد الجودة، وتطبيقه على جميع مراحل إدارة النفايات المشعة، ابتداءً بالجمع، ومروراً بالتصنيف والإعداد والمعالجة، وانتهاءً بالتخلص.

(٥) تأسيس سجلات مناسبة تتضمن جميع المعلومات المرتبطة بالنفايات المشعة المتكونة، وتصنيفها ومعالجتها وتخزينها أو التخلص منها، بما في ذلك سجلات المخزون من النفايات في المخازن أو المقابر، والاحتفاظ بهذه السجلات للفترات التي تحددها الجهة المختصة.

(٦) جمع وتحليل الخبرات التشغيلية المرتبطة بإدارة النفايات المشعة وتبادل الخبرات المكتسبة حول إدارة النفايات المشعة مع الآخرين.

(٧) إجراء البحوث والدراسات اللازمة لدعم وتطوير الاحتياجات التشغيلية، أو لإيجاد طرائق لمعالجة النفايات التي لا تتوفر لها طرائق مقبولة من الجهة المختصة أو تكليف غيره بإجراء هذه البحوث والدراسات أو لإيجاد الطرائق البديلة.

هـ- يلتزم مولدو النفايات المشعة ومشغلو مرافقها المختلفة، بخفض كميات النفايات المشعة المتولدة إلى أدنى حد واقعي، وذلك من خلال أمثلة التصميم وخطوات التشغيل.

و- يجب أن يكفل كل شخص (أو جهة) يجري ممارسات باستخدام مصدر أو جهاز مشع وينوي إيقاف ممارساته أولم يعد له حاجة للمصدر أو الجهاز المشع، أن المصدر أو الجهاز المستغنى عنه، أصبح لا يمثل أي مخاطر على الإنسان أو البيئة بأي شكل، أو أن المصدر المشع قد أخرج من الجهاز، ويتم التحفظ عليه بطريقة آمنة، أو التخلص منه وفقاً لمتطلبات هذه التعليمات.

ز- يتحمل كل مولد للنفايات المشعة أو كل مشغل لمرفق لإدارة هذه النفايات المسؤولية الكاملة عن كافة الأضرار البشرية أو البيئية التي تنتج عن ممارساته، وعن النفايات المشعة أو مصادر الإشعاع التي يتداولها، وذلك وفقاً للأنظمة المعمول بها في المملكة العربية السعودية

مسؤوليات منسق المواد المشعة للمرفق

أ- منسق المواد المشعة للموقع هو شخص مؤهل فنياً تعينه الجهة المرخص لها بتداول المواد أو المصادر المشعة أو مرفق إدارة النفايات المشعة، وتعتمد الجهة المختصة مستوى تأهيله ويجوز أن يقوم مسؤول الحماية من الإشعاع لدى الجهات الحاصلة على ترخيص بتداول المواد أو المصادر المشعة بدور منسق المواد المشعة، شريطة أن يكون حاصلاً على تدريب كافٍ ترتضيه الجهة المختصة ويؤهله للقيام بمهامه ولا يجوز الترخيص لجهة بتداول أية مواد أو مصادر مشعة دون وجود منسق لهذه المواد. وتتمثل أهم مهام منسق المواد المشعة في الآتي:

(١) مراقبة استخدام المواد المشعة والتخلص من نفاياتها، وفقاً للتعليمات الوطنية، وتخطيط جميع الأعمال والممارسات المرتبطة بها، وتنسيق عمليات شراء وتداول وتخزين المواد المشعة وإدارة نفاياتها.

(٢) التأكد من حصول جميع العاملين في الجهة أو المرفق على التدريب الكافي لتنفيذ أعمالهم بطريقة آمنة، لا تهدد الحماية والأمان، وأن الجهة أو المرفق يستوفي جميع المتطلبات اللازمة لتأمين تداول المواد المشعة ونفاياتها.

(٣) إجراء تقويم الحماية والأمان الإشعاعي للمواد والنفايات المشعة على أن يتضمن هذا التقويم الآتي:

(أ) تحديد خصائص النويدات المشعة المطلوبة، واختبار تأثيراتها على العمل وعلى البيئة، وتحديد الأخطار الناتجة عن نفاياتها.

(ب)عدم شراء مواد تزيد عن الحد الأدنى المطلوب للعمل، والعمل على خفض عدد مرات القياس بالمادة المشعة، وزيادة كفاءة الطرائق التحليلية، بهدف خفض معدل استخدام هذه المواد وتكون النفايات المشعة.

(ج) تحديد هوية مصادر توليد النفايات المشعة خلال عمليات الإعداد لأية مركبات مشعة موسومة،وخلال الخطوات التالية لهذا الإعداد، وكذلك أثناء عمليات التعامل مع هذه النفايات والتخلص منها.

(د) اختبار المرافق المتاحة والأجهزة والتقنيات المعملية، لضمان استيفائها للمتطلبات، ولخفض مكونات وأحجام النفايات المشعة مع المحافظة على احتمالات منخفضة للتعرض الكامن، وعلى مستويات مقبولة لتلوث البيئة.

(هـ)تحديد هوية أية مخاطر أخرى ترتبط بالنفايات المشعة أو تؤثر عليها، كمخاطر السمية الكيمائية أو مخاطر الاشتعال أو الانفجار أو غيرها،وتحديد الإجراءات اللازمة لمنع إساءة استخدام النفايات المشعة، أو استرجاعها بطريقة غير مشروعة.

(٤) الإلمام بخصائص مرافق التخلص من النفايات، سواء الموجودة داخل الموقع أو خارجه، والمخصصة للنفايات العادية أو المشعة، بما في ذلك مواقع الصرف الصحي، وشبكات المجاري وشبكة المياه والمحرقة وغيرها.

(٥) عمل نظام تسجيل وحصر واعتماد لجميع المواد المشعة التي يشتريها أو يتعامل معها الموقع، واستخدام أساليب للمراقبة وتطبيق التعليمات الوطنية.

(٦) تأمين صلات قوية بجميع مستخدمي المواد المشعة، لضمان طلب أقل كمية من المواد المشعة المخططة، وكذلك لضمان أن نوعية وأحجام النفايات المشعة المتكونة قليلة، وتبقى ضمن أدنى الحدود، وأن هذه النفايات تخضع للمراقبة من خلال عمليات للفصل والمعالجة الأولية والرصد.

(٧) ضمان قيام المستخدم بعمل التقارير والسجلات الواجبة التي تتضمن:

(أ) جميع النفايات المتكونة.

(ب)كميات النفايات التي خضعت للمعالجة أو التخلص ومسالك التخلص المستخدمة.

(ج) النفايات التي تتطلب أسلوباً أو أساليب معينة من المعالجة.

(د) الاتصال بمشغلي المرفق (المرافق) المركزي للنفايات المشعة لقبول النفايات المتحفظ عليها في الجهة.

<u>ترخيص إدارة النفايات المشعة</u>

أ- يجب أن يحصل أي شخص اعتباري (أو جهة ممثلة في شخص رئيسها أو مديرها) يستخدم مصدراً مشعاً على ترخيص بإدارة النفايات المشعة التي تنتج عن ذلك المصدر.

ب- يصدر ترخيص إدارة النفايات المشعة عن الجهة المختصة كجزء من ترخيص الممارسة ويجب أن يتضمن ترخيص إدارة النفايات الممنوح بياناً بالنفايات المشعة المصرح بالتخلص منها والأساليب والطرائق التي يجب إتباعها،والكميات والحدود القصوى المسموح بالتخلص منها،والممارسات التي يمكن أن يمارسها للتخلص من النفايات المشعة كالتجهيز أو النقل أو التخزين أو التخلص النهائي أو غيرها .

ج- يصدر ترخيص إدارة النفايات المشعة بممارسات محددة، وبمصادر مشعة محددة، وبحدود قصوى للنشاط الإشعاعي الذي يمكن إدارة نفاياته ولا يجوز ممارسة أعمال مرتبطة بإدارة النفايات بخلاف ما رخص به كما لا يجوز إدارة نفايات مشعة لمواد غير المرخص بها أو لكميات تزيد عن الحدود المصرح بها.

د- تصدر الجهة المختصة ترخيصا بإدارة النفايات المشعة بعد التحقق من توفر الخبرات البشرية والفنية اللازمة لإدارة النفايات المرخص بها، بالأساليب التي تحقق الحماية والأمان ولايصدر هذا الترخيص للجهة إلا عندما يتوفر لديها منسق لإدارة النفايات أو مسؤول حماية ملم بإدارة النفايات المشعة، بما يتلاءم مع كميات وطبيعة النفايات المشعة المتكونة عن ممارسات الجهة.

هـ- تكون مدة صلاحية الترخيص محددة، وعلى صاحب الترخيص تقديم طلب تجديد ترخيص إدارة النفايات المشعة.

و- في الحالات التي ترى الجهة المختصة ضرورتها، يجوز أن تطلب من طالب ترخيص إدارة النفايات المشعة القيام ببعض الدراسات المرتبطة بأسلوب وتقنيات إدارة النفايات التي تتولد عن ممارساته وأنشطته ولا يصدر الترخيص إلا بعد إجراء الدراسات واقتناع الجهة المختصة بأن نتائج الدراسة تؤكد الالتزام بالتعليمات الوطنية للحماية والأمان.

ز-يجوز للجهة المختصة إعفاء بعض المصادر المشعة أو الممارسات من الحصول على ترخيص بإدارة النفايات عند التأكد من أن هذه المصادر أو الممارسات لا تؤدي إلى تكوين نفايات مشعة يمكن أن تهدد الانسان أو البيئة.

<u>ترخيص مرفق إدارة النفايات المشعة</u>

أ- كل مرفق ينوي ممارسة أية أعمال مرتبطة بإدارة النفايات المشعة، يجب أن يحصل على ترخيص من الجهة المختصة ويصدر الترخيص على مراحل تعتمد على الممارسات التي ينوي طالب الترخيص ممارستها.

ب- عند تقديم طلب الترخيص للجهة المختصة يجب على مقدم الطلب أن يضمن طلبه الآتي:

(١) عرضاً لمستويات الحماية والأمان المتوقعة، بما في ذلك حماية العاملين وعامة البشر والبيئة.

(٢) بياناً يوضح أن النفايات المشعة المتولدة في المرفق تمثل أقل حد معقول.

(٣) بياناً يؤكد أن جميع المعالجات التي تتم على النفايات المشعة تتواءم مع أنواع المعالجات والتخزين المتوقعة ومددها، ومع إمكانية استرجاع النفايات المشعة من التخزين عند اللزوم.

(٤) بياناً يؤكد تنفيذ جميع عمليات التسجيل والمحاسبة للنفايات المشعة وبالالتزام بالخيارات المحددة للتخلص، وباعتبارات الأمان.

ج- تبدأ المرحلة الأولى بترخيص الموقع. ويجب أن يستوفي موقع مرفق إدارة النفايات المشعة (مرافق المعالجة والتخزين والمقابر) المتطلبات الخاصة بالمنشآت النووية، من حيث الطبيعة الزلزالية لمنطقة الموقع وخصائصها وتأثرها أو تأثيرها على البيئة والمصادر الطبيعية المختلفة بالمنطقة وبعد الانتهاء من دراسات الموقع والتأكد من صلاحيته تصدر الجهة المختصة ترخيصها بإنشاء المرفق في الموقع المختار.

د- في المرحلة الثانية يتقدم مشغل المرفق بالتصميم الهندسي المقترح للجهة المختصة،ويحدد في طلبه جميع الممارسات والأعمال التي سيمارسها المرفق وتصدر الجهة المختصة الترخيص بالبدء في عمليات الإنشاء بعد اقتناعها باستيفاء التصميم لجميع متطلبات الحماية والأمان وينبغي أن يحافظ المسؤول عن المرفق على علاقة وثيقة مع الجهة المختصة أثناء عمليات الإنشاء لتلافي حدوث مخالفات لمتطلبات الحماية والأمان.

هـ- بعد الانتهاء من الإنشاء، يتقدم مشغل المرفق بطلب تشغيل الممارسات التي أنشئ من أجلها وبعد التأكد من توفر الخبرات البشرية المدربة والتجهيزات الفنية الواجبة ، والتحقق من استيفاء متطلبات الحماية والأمان عند التشغيل، تصدر الجهة المختصة ترخيصها ببدء التشغيل للمارسات المطلوبة وعند إصدار الترخيص تحدد الجهة المختصة للمشغل المراقبات المطلوبة خلال التشغيل.

و- قبل إيقاف المرفق أو إغلاقه، يجب الحصول على ترخيص بذلك من الجهة المختصة وتحدد هذه الجهة المتطلبات واجبة التنفيذ من مشغل المرفق وعند استيفاء هذه المتطلبات تصدر الجهة الترخيص المطلوب.

ز- يجب على المشغل الحصول على ترخيص من الجهة المختصة، بتغيير نوع أو حجم الممارسات والأعمال التي يمارسها المرفق، قبل الشروع في هذا التغيير.

المتطلبات الأساسية لإدارة النفايات المشعة

تقويمات الحماية والتأثيرات البيئية:أ- تمشياً مع التعليمات العامة للحماية من الإشعاعات المؤينة يجب إجراء تقويم للحماية والأمان، وآخر للتأثيرات البيئية لأية ممارسة جديدة مرتبطة بإدارة النفايات المشعة،أو عند إنشاء مرفق جديد لإدارة هذه النفايات كذلك يتم عمل هذه التقويمات بالنسبة للممارسات والمرافق القائمة عند إجراء أية تعديلات جوهرية عليها وتهدف هذه التقويمات إلى بيان مدى الاستجابة للمتطلبات الوطنية وتوفير إمكانية مراجعة الممارسات القائمة للجهة المختصة ويجب أن يتناسب حجم وطبيعة هذه التقويمات مع حجم المرفق ونوع الممارسات التي ينفذها.

ب-تتضمن التقويمات تحليل الأمان الإشعاعي وغير الإشعاعي للممارسات والمرفق، في ظروف التشغيل الطبيعية، وكذلك التأثيرات الكامنة والمتوقعة للحوادث المختلفة على المدى البعيد وبالنسبة للتشغيل العادي يجب أن يتضمن التقويم تحليل الأمان الإشعاعي وغير الإشعاعي، لجميع مراحل وعمليات إدارة النفايات، لكل من العاملين وعامة البشر والبيئة وبالنسبة للتأثيرات الكامنة يتضمن التقويم التأثيرات الإشعاعية وغير الإشعاعية لمرافق إدارة النفايات على عناصر البيئة من كائنات حية وتربة وماء وهواء.

ج- بالنسبة لمرافق إدارة النفايات المشعة يجب أن يتضمن التقويم تحليلاً للعواقب المحتملة المختلفة للحوادث الداخلية والخارجية وتقدير تأثيراتها على العاملين وعامة البشر والبيئة ويجب أن يستند هذا التقويم على طرق ونماذج ملائمة، وعلى بيانات عملية من الخبرات السابقة.

د- يجب أن يؤخذ في الحسبان، في تقويم الأداء بعيد المدى لمرفق إدارة النفايات،كل من محتوى النويدات المشعة والخصائص الفيزيائية والكيميائية للنفايات، وكفاءة الحواجز أو الموانع التي يوفرها نظام التخلص ويجب أن يستند التقويم على بيانات واقعية.

<u>مراقبة مرافق إدارة النفايات</u>

أ- فضلاً عن الجهة المختصة، يجب على المرخص له بتشغيل أي مرفق من مرافق إدارة النفايات المشعة أن يتخذ التدابير لعمل رقابة مناسبة على موقع المرفق،وعلى مخازن ومقابر النفايات المشعة لاسيما بعد إغلاق المرفق، وذلك لفترة طويلة بعد إغلاق المرفق وتوقفه عن العمل ويكتسب هذا الأمر أهمية أكبر بالنسبة لمرافق التخلص السطحية أو القريبة من سطح الأرض وتهدف هذه المراقبة للآتي:

(١) منع حدوث أي تعدّ على أرض المقبرة وتوابعها.

(٢) منع تحريك النفايات المشعة المدفونة أو تغيير أوضاعها، أو عمل أية تغييرات حولها، قد تؤدي إلى تسربها للبيئة.

(٣) رصد مدى استجابة جميع خصائص المقبرة للمعايير المخططة ومراقبة حدوث أي خلل أو تغير غير متوقع في هذه الخصائص.

(٤) اتخاذ الإجراءات التصحيحية عند اكتشاف أي خلل في المواصفات المخططة.

ب- لتنفيذ المراقبة المتواصلة على مرفق إدارة النفايات، ينبغي استخدام طرق فعالة منها:

(١) الرصد المستمر للموقع.

(٢) التفتيش الدوري على ملامح خصائص الموقع واستطلاع التغيرات التي قد تستجد.

(٣) إجراء الصيانة الدورية للموقع ومراقبة طرق الوصول إليه.

كذلك يجوز استخدام طرائق المراقبة الخاملة ومنها:

(١) وضع قيود على استخدام أرض المنطقة أو منع هذا الاستخدام.

(٢) وضع علامات تحذيرية مستديمة وواضحة في المنطقة تبين مدى المخاطر المتضمنة.

ج- تحدد الجهة المختصة المدة القصوى التي يجب أن تستمر خلالها المراقبة ويجب أن يلتزم المرخص له بهذه المدة وعند توقف المرخص له عن ممارسة أعماله، لأي سبب من الأسباب، يجب عليه أن يوكل مهمة المراقبة المتواصلة لمرخص آخر توافق عليه الجهة المختصة.

إدارة النفايات الصلبة المشعّة

إن الهدف الأساس لأي برنامج لإدارة النفايات المشعة والتحكم فيها، هو الوصول إلى الوضع الذي يضمن حماية الإنسان والبيئة من مضار تلك النفايات،وقد يعني ذلك لاسيما في بعض حالات النفايات ذات مستوى الإشعاع المنخفض معالجتها ثم إطلاقها في البيئة، حيث إن معالجتها أو حفظها أو كليهما قد تؤدي إلى خفض مستواها الإشعاعي إلى حد يقل عن مستواها الإشعاعي الطبيعي في البيئة، لأن غير ذلك قد يعني الاضطرار إلى حفظ تلك النفايات لمئات أو آلاف السنين، ويبرز ذلك جلياً في حالة النفايات ذات مستوى الإشعاع العالي ولا يعني اصطلاح حماية الإنسان والبيئة بالضرورة عدم احتمال وجود الخطر، ولكن قد يعني أن ذلك الاحتمال قابل للمواجهة والمعالجة، أو أن الفائدة للمجتمع من تحمل وجوده تبرر بقاءه ويمكن التخلّص من النفايات المشعّة حسب مستواها الإشعاعي كما يلي:

١ النفايات ذات المستوى العالي: هناك عدة طرق لحفظ النفايات ذات مستوى الإشعاع العالي، إضافة إلى أن الكثير منها لا يزال في طور التجربة فهي باهظة التكاليف، ومن هذه الطرق ما يلي:

(أ) الدفن في أعماق مختلفة وفي تكونيات جيولوجية مستقرة.

(ب) تغيير التركيب الذري من خلال قذف النفايات بجسيمات في معجلات أو مفاعلات انشطارية أو اندماجية.

(ج) الدفن تحت الجليد في أعماق بعيدة تحت المحيط المتجمد.

(د) الطرح في الفضاء الخارجي.

(ه) الدفن تحت قاع المحيطات.

ومن الجدير بالذكر أن الدفن في تكوينات جيولوجية مستقرة لايزال هو الطريقة التي تحظى باهتمام كثيرين في الوقت الحاضر، ويجب عند تبني هذه الطريقة الأخذ في الحسبان عوامل عديدة، مثل: نوع الصخور، ونشاط الزلازل في المنطقة، والتكوينات المائية الموجودة في المنطقة أو القريبة منها، بالإضافة إلى العوامل النفسية وتقبّل الرأي العام لوجود مثل هذه المدافن.

وللتدليل على مدى تأثير العوامل النفسية وتأثير الرأي العام في مثل هذا المجال، لا يوجد في الولايات المتحدة الأمريكية في الوقت الحاضر أي مدافن دائمة للنفايات، حيث لاتزال تحفظ بصورة مؤقتة في ٦٠ موقعاً تمثل مواقع محطات للقوى النووية.

وفيما يتعلق بالنفايات المشعة الصلبة، فإنها تمر بالمراحل التالية:
التجميع والفصل: حيث يتم تحديد مركز للتجميع تجلب إليه النفايات الصلبة، ومن ثم يتم فرزها وتصنفىها من حيث قابليتها للاحتراق من عدمه، ومن حيث قابليتها لانكماش الحجم، وذلك لتسهيل المعالجة والتخلّص، كما يتم فرز تلك التي لا تزال نشطة إشعاعياً من غيرها.

المعالجة: وتشمل ما يلي:

١-المعالجة المؤقتة: وذلك في حالة النفايات التي تشمل نويدات ذات عمر نصفي قصير، ويمكن حفظها حتى وصول نشاطها الإشعاعي إلى الحد المسموح به من قِبَل الجهة المختصة لاعتبارها مادة غير نشطة.
الحرق: ويؤدي إلى تخفيض شديد في حجم هذه المواد، وبالتالي إلى سهولة الحفظ،

إلاّ أن ذلك لا يخفض من المحتوى الإشعاعي الكلي.الدفن: ويعدّ أكثر الطرق شيوعاً بالنسبة للمواد الصلبة التي يصعب اعتبارها أو تحويلها إلى نفايات عادية، ويتم الدفن في مدافن مغلقة قريبة من السطح٠

إدارة النفايات المشعة السائلة

مصادر النفايات المشعة السائلة: تشمل هذه النفايات المشعة السائلة الآتي:

أ- السوائل المشعة المستخدمة أو المتولدة في مراكز البحث العلمي والمراكز التعليمية.

ب- السوائل المشعة المستخدمة أو المتولدة في المختبرات الحارة ومختبرات إنتاج النظائر المشعة.

ج-السوائل المشعة الناتجة عن التطبيقات المختلفة للإشعاعات أو المواد المشعة في المجالات الطبية والصيدلانية والصناعية والزراعية وغيرها.

د-بقايا المواد المشعة السائلة المفتوحة المستخدمة في كافة التطبيقات .

هـ- السوائل الناتجة عن استخراج وطحن خامات اليورانيوم والثوريوم من المناجم.

و- السوائل الناتجة عن أنشطة تصنيع اليورانيوم.

ز- السوائل الناتجة عن مراحل إنتاج الوقود النووي وتشكيلة.

ح- النفايات السائلة المتولدة عن تشغيل المفاعلات النووية بجميع أنواعها .

ط- السوائل الناتجة عن مراحل إعادة معالجة الوقود النووي بما فيها نفايات بركة تبريد الوقود المستهلك.

ي- المحاليل الملوثة الناتجة عن إزالة تلوث المنشآت النووية المختلفة.

ك- أي سوائل تتضمن نويدات مشعة طبيعية ناتجة عن استغلال الموارد الطبيعية.

الباب السادس

معالجة النفايات النووية

أهداف معالجة المخلفات الإشعاعية

أهم أهداف معالجة المخلفات المشعة هي التخلص من أو تدمير النظائر المشعة لمنع ضررها ووقاية البيئة والإنسان،ويتم ذلك عبر عزل أو تخفيف التركيز أو تدمير المخلفات الناتجة، وحتى الآن فإن أكثر هذه الطرق قابلية للتحقيق كان وما يزال الدفن العميق للمخلفات المشعة، الهدف الأساسي من هذه العملية هو عزل المخلفات المشعة ومنع تسربها للنظام البيئي حتى يزول النشاط الإشعاعي الناتج عنها بأن تتأين كل العناصر المشعة الموجودة داخلها.

ازدهرت الأبحاث النووية قبيل الحرب العالمية الثانية وأدت قنبلة هيروشيما وناجازاكي إلى توسع سريع في هذه الأبحاث وما فتئت الحرب الباردة تغذيه حتى سقوط الاتحاد السوفيتي وكان الهدف تكديس وتطوير السلاح النووي الفتاك ردعاً للعدو وتأميناً للنفوذ من بين أهداف أخرى لا تخفى على القارئ الكريم وبموازاة هذا التسلح، انتشرت مفاعلات توليد الطاقة الكهربائية وتناثرت على خريطة الدول المتقدمة موفرة لها الدفء والطاقة الرخيصة.

ولأن أعمار هذه المحطات تتراوح بين ٤٠ و٦٠ سنة، فإن كثيرا من المفاعلات النووية إما أن يكون قد توقف عن العمل وفكك وإما أن يكون في طريقه إلى التفكيك وهكذا، خلفت الأنشطة النووية مدنية وعسكرية عبئاً ثقيلاً من النفايات على الحرث والنسل لمّا يوجد له حل مطمئن حتى الآن وقبل الحديث عن تخزين ومعالجة النفايات النووية، لا بد من الحديث عن مدى الهلاك والدمار الذي يمكن أن تسببه هذه النفايات من أجل استيعاب أهمية تخزينها ومعالجتها بطريقة تمنع ضررها عن هذا الكوكب الذي نعيش عليه.

خيارات التعامل مع النفايات النووية

ونقتصر هنا على مناقشة النفايات المتوسطة والثقيلة لأن الخفيفة يمكن التخلص من شرها بمجرد دفنها سنوات قليلة وهي أصلاً قليلة الضرر وهناك ثلاث إستراتيجيات تقليدية للتعامل:

التركيز والاحتواء: ومثاله التكفين والدفن.

التخفيف والتشتيت: وهو عكس التركيز والاحتواء ويقوم على تخفيف تركيز المادة المشعة حتى ينخفض إلى مستوى مقبول في البيئة، وعندها يُشتت ليدخل الهواء الجوي وهذا الخيار قد يناسب الإشعاعات المنخفضة أو القريبة من المستويات البيئية.

التخزين والتحلل: وذلك بحفظ المادة المشعة بعيداً في مكان آمن ومعزول وانتظار أن تتحلل وتتحول إلى عناصر مستقرة.

والواقع أنه يندر الاقتصار على إستراتيجية واحدة وإنما يشيع الجمع بينها جميعا بحسب الكم ومستوى الإشعاع وعمره. فما من نفايات نووية نصف عمرها يزيد على عام إلا تخضع لشيء من المعالجة قبل التخزين.

معالجة النفايات الثقيلة

ويمكن تقسيمها إلى نوعين:

١- التَّصنيع: ونقصد به انتشال ما يمكن من الوقود النووي وتخصيبه أو تركيزه من أجل إعادة استخدامه وكذلك استخلاص المواد الأخرى التي يمكن الاستفادة منها وإعادة استخدامها في الصناعات النووية.

٢- التحويل:ونعني به تحويل النفايات المتبقية بعد التصناع إلى مواد أقصر عمرا أو أخف إشعاعا أو أقل ضرراً على البيئة ولكن رغم هذه الجهود يبقى جزء ولو يسير في حالته الأولى لم يستجب للتصنيع وأعجز مهندسي التحويل ويضاف إليه كثير من نواتج التحويل فتحصل من كل ذلك أطنان من النفايات الخبيثة التي لا يملك الإنسان وسيلة لاتقاء شرها إلا بتخزينها بعيداً عنه وعن بيئته التي يعيش فيها ولأن أعمار هذه الإشعاعات تصل ملايين السنين فلا بد من دراسة خيارات التخزين وسلامته بشكل دقيق على أن الإنسان مهما بذل من جهد لن يستطيع حساب كوارث المستقبل القريب وتفاديها فكيف بالأزمنة الجيولوجية وحسبك أن الزلازل لا يمكن التنبؤ بها على نحو دقيق.

خيارات التخزين

لأن الإشعاع يتناقص مع الزمن بعلاقة أسية، فإن كمية الإشعاع المفقودة في السنوات العشر الأولى لا يفقد مثلها إلا في المائة عام التالية وهكذا لذلك فإن النفايات الثقيلة تخزن في موقع إنتاجها بين ١٠ سنوات و٥٠ سنة قبل نقلها إلى محطات المعالجة.

ثم ما استعصى على المعالجة يهيأ لتخزين أبدي فيكبس في الزجاج ثم في الإسمنت ثم في أسطوانات شبيهة بقنينات غاز الطبخ المنزلي من حيث الشكل لكنها أكثر تحملا للضغط والحرارة وأشد مقاومة للصدأ، بحيث لا تستطيع قوة بشرية أو صناعية معروفة أن تكسر هذه الأسطوانات،أو هكذا يراد لها على الأقل وأخيرا، تطلى هذه الأسطوانات بخزف مانع من تسرب الماء إليها ثم يلزم أن يكون التخزين في مكان آمن من الزلازل والبراكين وما شابهها من الظواهر الجيوفيزيائية التي تؤثر على تضاريس الأرض

ولابد كذلك أن يكون بمنأى عن أيدي الإنسان التي لا تفتأ تفسد في الأرض ويتحتم أن تكون هذه النفايات معزولة عزلاً تاماً عن المياه الجوفية والتربة حتى لا تتسرب إلى السلاسل الغذائية والنظم البيئية ولا ننسى أن كل هذه الشروط يجب توفرها على امتداد أزمان جيولوجية من ملايين السنوات ٠

يبدو أن الفضاء الخارجي خيار مناسب لبعده عن الأرض ثم إن الإشعاعات ليست غريبة عليه ولن تشكل خطرا على رواد الفضاء (ولا سواحه) لأنهم يلبسون بذلات واقية من الإشعاع الكوني ولكن هل تثبت هذه الإشعاعات في مكان معين أم تترك عائمة في مدار فضائي؟ التثبيت يحتاج إنشاء محطة مع ما يكلف ذلك من جهد ومال ولو تركت عائمة فقد تعود إلى الأرض ولو بعد حين، وستكون شرّ غائب ينتظر بعد الدجال وقبل هذه الخيارات، كفى السبيل إلى نقلها أصلا؟؟ تكلفة باهظة جدا وخطر كبير ماذا لو حدث خلل أثناء الإقلاع أو قبل خروج المركبة من مجال جاذبية الأرض؟؟

هذه بعض موانع اللجوء إلى الفضاء الخارجي لتخزين النفايات النووية وربما وجد من يقول بإمكانيته ولكن ذلك لن يتأتى حتى يكون السبيل إلى الفضاء سالكا فيعرفه الناس كما يعرفون مناكب الأرض.

وتعد الصخور تحت قيعان البحار أكثر ثباتاً واستقراراً وأقل تعرضاً للزلازل كما أن المياه فيها نادرة وهو ما يقلل احتمال التسرب الإشعاعي إلى المياه الجوفية ولكن الحفر تحت قيعان البحار ربما لا يقل تكلفة عن خيار الفضاء الخارجي وهذا ما يمنع من الإقدام على مثل هذه المغامرة.

لم يبق إذن إلا البحث عن مناطق مستقرة جيولوجيا ومعزولة عن الأنظمة البيئية وهنا يتداخل العلمي بالسياسي فتسمع عن دفن نفايات نووية لدول الشمال في مناطق مناسبة في دول الجنوب ضمن صفقات مريبة ومشبوهة ولكن لا يخفى ما تقدمه هذه الصفقات من حلول لأصحاب النفايات وخاصة أن القوانين تتجه أكثر فأكثر إلى حماية البيئة والتشديد على النشاطات الضارة بالحشرات وما تحتها من الكائنات فكفى بالبشر ففي أمريكا مدفن وحيد مخصص لهذا الغرض في جبال يوكا (ولاية نيفادا) عمقه يقارب ٣٠٠ متر ولا تصل إليه مياه الأمطار ولا المياه الجوفية وقد اختير هذا الموقع لثباته الجيولوجي وهو غير بعيد كذلك من مواقع تجريب التفجيرات النووية وفي دول أخرى تستخدم بعض المناجم المهجورة مخبأ لهذه النفايات وتمول مشاريع التخزين من أسعار الكهرباء بواقع ٠,١ سنت لكل kWh في أمريكا وبزيادة طفيفة في أوروبا.

والخلاصة، فإن أخف النفايات النووية هي الناتجة عن أكثر الأنشطة نفعا للإنسان وهي التطبيقات الطبية وأسوأها وأكثرها ضررا على البيئة والكائنات الحية هي النفايات العسكرية وهي التي يمكن القول –في عالم مثالي- أن لا ضرورة لها أصلا وأما نفايات الطاقة فمنها الخففى والثقيل ونفعها أكبر من ضرها فهي نقية بالمقارنة مع ما تنتجه محطات الفحم الحجري والغاز من ثاني أكسيد الكربون ثم إنها أرخص بكثير وقد آن لهذه الطاقة أن تتاح للعالم الثالث ليكون من العدل تقاسم مدافنها، لا أن يستأثر القوي بالدفء والنور والحركة ويتخذ من أرض جاره الضعيف مرمى للنفايات.

واكب النمو المضطرد في استغلال الإنسان للطاقة النووية والإشعاع، سواء أكان في توليد الطاقة الكهربائية أم في مجالات حيوية أخرى، كالزراعة والصناعة والطب، تطوراً كبيراً في العلوم والتقنيات النووية

، إلاّ أن هذا النمو لم فىلح في إقناع كثيرين بإمكان التحكّم في النواتج والآثار المترتبة على هذه التقنيات إن قدرة الإنسان على التحكّم والسيطرة على المخلفات والنفايات المشعّة المتولدة عن استخدام المصادر المشعة هي إحدى تلك المواضيع التي لاتزال تثير الشكوك لدى الرأي العام في كثير من الدول حول جدوى استغلال الإنسان للطاقة النووية، كما أنها تقف في الوقت ذاته كإحدى العقبات الأساس في وجه الاستغلال الأمثل للطاقة النووية.

يعتمد مستقبل الصناعة النووية إلى حد بعيد على مدى قدرة هذه الصناعة على إقناع الرأي العام بوجود وتوفّر التقنيات الملائمة لمعالجة وتحييد النفايات المشعة.

ولا يكاد يخلو أي أسلوب لتوليد الطاقة، كما هو الحال في أية عملية صناعية، من توليد نفايات يجب إيجاد الطرق الملائمة لحماية الإنسان والبيئة من آثارها السلبية، إلاّ أن تلك الأساليب تختلف من حالة إلى أخرى، لاسيما من حيث حجم النفايات المتولّدة مع مرور الزمن، فعلى سبيل المثال فإن توليد ألف ميجاوات من الطاقة الكهربائية يحتاج يومياً إلى ١٠٠٠ طن من الفحم الحجري، وينتج عن هذه العملية انطلاق ٣٠٠ طن من ثاني أكسيد الكبريت، وخمسة أطنان من الرماد الذي يحتوي على عناصر أخرى مثل: الكلور، والكادميوم، والزرنيخ، والزئبق، والرصاص ، بالإضافة إلى بعض العناصر المشعة، وفي المقابل ينتج عن توليد الطاقة الكهربائية نفسها في محطة قوى نووية ٥٠٠ متر مكعب من النفايات في العام.

<u>متطلبات عامة للتخزين المركزي للنفايات المشع</u>

مرفق التخزين المركزي هو مخزن لحفظ عبوات النفايات المشعة ، بعد معالجتها في مرفق المعالجة واحتوائها في براميل تمهيداً للتخلص النهائي منها ويعتمد حجم التخزين على عدد البراميل المطلوب استيعابها ، وعلى عدد سنوات التخزين وعند الإنشاء، ينبغي أن يؤخذ الآتي في الحسبان :

(١) مدة التخزين المتوقعة تتراوح بين ١٠ ، ٣٠ سنة.

(٢) استخدام براميل ذات سعة قياسية.

(٣) استخدام رافعة شوكية لرص البراميل وتحريكها داخل المخزن، ولا يجوز استخدام الرافعة لحمل أكثر من برميل.

(٤) رص مالا يزيد على ثلاث براميل فوق بعضها، لتيسير عملية الفحص الظاهري عليها من الخارج بصورة دورية.

(٥) رص البراميل في صفوف، بحيث يحتوي الصف على برميلين، مع ترك ممرات ضيقة، تسمح بمرور الأفراد وليس الرافعة واقترابهم من البراميل للتفتيش عليها، طوال مدة التخزين.

(٦) عمل ممر للرافعة الشوكية في منتصف المخزن، يسمح بانتقالها داخله واقترابها من البراميل.

(٧) يجب أن يكون تصميم المخزن مبسطاً لأبعد الحدود ، كما يجب أن يكون مفصولاً فصلاً تاماً عن المبنى الرئيس للمعالجة فوضع المخزن بالقرب من مرفق المعالجة يعتبر أمراً مريحاً إلا أنه ليس ضرورياً.

(٨) عمل تهوية طبيعية للمخزن بحيث لا يكون المخزن محكم الإغلاق من حيث التهوية.

(٩) يفضل عمل مظلة فوق السقف والجدران إن أمكن حتى لا تسقط أشعة الشمس المباشرة على سقف المخزن مع وجود فاصل بين سقف المخزن والمظلة للتهوية.

المعالجات الأولية للنفايات المشعة السائلة

تتضمن المعالجة الأولية للنفايات المشعة السائلة تجميع وفصل النفايات المشعة السائلة ، وفصل العوالق والأجسام الصلبة الأخرى- نقل النفايات المشعة السائلة في الموقع- تخزين النفايات المشعة السائلة واستعادتها- التحكم في الخصائص الكيميائية للنفايات المشعة السائلة وإلى شئ من التفصيل:

تجميع وفصل النفايات المشعة السائلة

أ- يجب على طالب الترخيص أن يحدد مسالك تجميع وفصل النفايات المشعة السائلة المنتجة، منذ بدء التصميم للممارسة أو المنشأة ويجب أن يحدد طرق التخلص من هذه النفايات، وفقا لمتطلبات التعليمات.

ب- ينبغي تحديد أساليب الرصد الإشعاعي البيئي وأساليب جمع وإعداد وقياس عينات النفايات والعينات البيئية المتأثرة بها، منذ مرحلة التصميم للممارسة أو المنشأة.

ج- يجب استخدام بيانات الرصد ونتائج قياس العينات أثناء التشغيل، لضمان الالتزام بالتعليمات، وعمل إجراءات تصحيح،تحقق الحماية والأمان، في الوقت المناسب.

د- يجب أن تخضع عمليات فصل النفايات المشعة السائلة للتصنيف المحدد في الباب الثالث تمهيدا لتحديد أساليب المعالجة والتخلص.

هـ- يجب توفير عدداً من المصارف (مسالك التصريف) لهذه النفايات، حسبما يلزم وفقا لتصنيفها كالآتي:

(١) مصارف إلى الشبكة المدنية للصرف الصحي لصرف النفايات المشعة التي تستوفي متطلبات الصرف المباشر للنفايات المشعة السائلة إلى هذه الشبكة٠

(٢) خزانات مختلفة بسعات مناسبة وأماكن آمنة لاستيعاب وتخزين النفايات المشعة السائلة، التي تخضع للتخزين انتظاراً لإنخفاض نشاطها الإشعاعي حتى الحدود اللازمة، لتصريفها إلى الشبكة العامة للصرف الصحي٠

(٣)خزانات أو أوعية بسعات مناسبة وأماكن آمنة لاستيعاب وتخزين النفايات المشعة السائلة، التي ينبغي حفظها حفظاً مؤقتاً، لحين معالجتها أو نقلها للمرفق العام لمعالجتها والتخلص منها.

(٤) خزانات أو أوعية خاصة بسعات مناسبة، لحفظ النفايات المشعة العضوية السائلة،حيث يجب تجميع هذه النفايات بمعزل عن باقي النفايات السائلة الأخرى تمهيدا للتخلص منها أو نقلها للمرفق العام لمعالجة النفايات المشعة.

و- يجب خفض حجم النفايات المشعة السائلة الناتجة إلى أقل حد معقول، وأن تفصل النفايات المائية (أي الذائبة في الماء) عن غير المائية أو العضوية.

ز- يجب فصل النفايات السائلة الحمضية عن القلوية وعن المتعادلة، وحفظ كل نوع من هذه الأنواع في وعاء منفصل مقاوم للتآكل، وفقاً لنوع النفايات.

ح-عند تجميع النفايات المشعة السائلة يجب استخدام أوعية مقاومة للتآكل،وفقاً لنوع السائل المخزن ويجوز استخدام أحجام وأنواع مختلفة من الأوعية، بدءاً من قوارير البولي إيثلين سعة ٢٠ لتر محكمة الغلق وانتهاء بالبراميل والخزانات الكبيرة المختلفة ويجب ان يزود كل وعاء بالبيانات والعلامات الدالة على نوع النفايات.

ط- عند استخدام أوعية زجاج لحفظ النفايات المشعة السائلة يجب أن توضع هذه الأوعية داخل حاويات إضافية من مادة غير قابلة للكسر لحماية هذه الأوعية عند الكسر.

ي-لا يجوز استخدام أوعية من البولي إيثلين لتجميع أو حفظ النفايات العضوية السائلة، نظراً لتأثر البولي إيثلين بهذه المواد.

لذلك-يجب أن تكون جميع الأوعية المستخدمة لتجميع النفايات المشعة السائلة محكمة الإغلاق،لمنع تبخر هذه السوائل كما يجب أن يكون السطح الخارجي للوعاء غير ملوث بأي مادة مشعة كذلك يجب أن تخضع جميع الأوعية أثناء التخزين للمراقبة الإشعاعية المستمرة، وأن تتم اختبارات التلوث على السطح الخارجي للوعاء بصفة دورية (مرة كل ثلاثة أشهر، أو بتردد أكبر في الحالات التي يخشى عندها تلف الوعاء أو تسرب السائل منه).

ل-يجب أن يدون على الوعاء جميع البيانات الخاصة بمحتوياته من النويدات المشعة،بانتظام خلال عمليات التعبئة وبعد الامتلاء،وبصورة واضحة وثابتة وتتضمن هذه البيانات أسماء النويدات،ونشاطاتها الإشعاعية كذلك تدون على الوعاء الخصائص الكيميائية للسائل ومستوى الإشعاع على سطح الوعاء مباشرة.

فصل العوالق والأجسام الصلبة :

أ-بعد تجميع النفايات المشعة السائلة التي تتضمن أية عوالق أو أجسام صلبة يجب فصل العوالق والأجسام الصلبة عن السائل وتهدف عمليات الفصل إلى الآتي:

(١) تجهيز النفايات السائلة لمراحل المعالجة التالية مثل المعالجة بالتبادل الأيوني أو بالتبخير أو غيرة.

(٢) إزالة جميع المواد والأجسام العالقة في السائل التي قد تتكون نتيجة الترسيب بعد بعض المعالجات الكيميائية الأولية.

ب- يجب أن تتم جميع عمليات فصل للعوالق والأجسام الصلبة الأخرى من النفايات السائلة، وفقاً لطرق وتقنيات معتمدة من الجهة المختصة وأهم أنواع ووسائل فصل العوالق والأجسام الصلبة الأخرى المعتمدة من قبل الجهة المختصة هي:

(١) مرشحات فصل العوالق:ومن أهمها المرشحات التي يمكن استخدامها لفصل العوالق والأجسام الصلبة من النفايات المشعة السائلة ما يلي:

(أ) المرشحات الرملية بالجاذبية: وهي مرشحات رخيصة تعمل هذه المرشحات بسريان السائل تحت تأثير الجاذبية، إلا أن أهم عيوبها هي البطء الشديد، وعدم إمكانية غسلها، لتكون كميات كبيرة من النفايات المشعة السائلة في عملية الغسيل.

(ب)المرشحات الرملية بالضغط: وتعرف بالمرشحات السريعة، نظراً لزيادة معدل السريان بالمقارنة بالمرشحات الرملية بالجاذبية.

(ج) المرشحات سابقة التغطية: تستخدم هذه المرشحات عادة للسوائل التي تتطلب معالجات أخرى سواء بالتبادل الأيوني أو بالتبخير.

(د) مرشحات الدفع الخلفي: هي المرشحات التي يمكن تنظيفها بدفع الهواء أو الماء في الاتجاه المعاكس ومن هذه المرشحات المرشحات الفلزية والسيراميكية المسامية، والمرشحات المغناطيسية وغيرها.

(٢) أجهزة الطرد المركزي: تستخدم أجهزة الطرد المركزي لفصل المياه عن النفايات المشعة السائلة لخفض حجم الحمأه إلى أقل حد معقول.

(٣) الفرازات المائية:تستخدم الفرازات المائية إما لفصل العوالق الناعمة الصغيرة عن الخشنة الكبيرة، أو لفصل الحبيبات عن الماء ويجب أن يوضع في الحسبان أن هذه الفرازات غير مناسبة لبعض عمليات الفصل مثل:

(أ)فصل الحبيبات التي يقل قطرها عن ٥ ميكرومتر.

(ب)النفايات المشعة السائلة المطلوب فصلها تتميز بدرجة لزوجة عالية.

(ج)عدم وجود فرق كبير بين الطور السائل والطور الصلب من حيث الجاذبية النوعية.

نقل النفايات المشعة السائلة

أ- يتم نقل النفايات المشعة السائلة داخل الموقع عادة بواسطة معدات أو خزانات أو أنابيب محكمة الإغلاق وشديدة المقاومة للتآكل وللتسرب ويجب أن تتناسب متطلبات احتواء نظم نقل النفايات السائلة مع مستويات نشاط الإشعاع للسوائل الخاضعة للنقل، كما يجب أن يتناسب سمك ومتانة الدروع المستخدمة مع حجم المخاطر المتضمنة.

ب- يجب الالتزام الكامل بأساليب نقل النقايات المشعة السائلة داخل الموقع،معترفاً بها من الجهة المختصة والمتمثلة في النقل بواسطة الأنابيب، أو الضخ غير الميكانيكي أو الميكانيكي أو النقل بوسيلة متنقلة.

النقل بواسطة الأنابيب داخل الموقع

أ- عند تصميم خطوط الأنابيب اللازمة لنقل النفايات المشعة السائلة في الموقع، فمن أهم الأمور التي يجب أن تأخذ الحسبان حساب فروق الضغط وما يرتبط بها من أحجام الأنابيب وأشكالها، وأساليب توصيلها بالمضخات لتنفيذ العمل اللازم دون حدوث انسدادات ضارة في الأنابيب خاصة عن مناطق التفرع والصمامات.

ب- إن سريان النفايات السائلة في أي نوع من الأنابيب يعتمد كثيراً على نوع الترسيب، حيث تصنف السوائل من هذا المنطلق إلى ملاطات سريعة الاستقرار(الترسب)وأخرى بطيئة الاستقرار،وثالثة عديمة الاستقرار ويجب عند تصميم شبكة الأنابيب اللازمة لنقل النفايات المشعة السائلة أن يأخذ في الحسبان خصائص السائل وطبيعة الأنبوب المستخدم للنقل من حيث القطر والميل ودرجة الخشونة لضمان عدم حدوث أية ترسبات لبعض النفايات الصلبة، مما قد يؤدي إلي حدوث إنسدادات غير مطلوبة خاصة في الأنابيب الأفقية أو في نقاط الانحناء الحاد لهذه الأنابيب.

ج-يجب أن تكون شبكة الأنابيب قادرة على مقاومة أية هزات أرضية، كما يجب أن تقاوم ظروف الحوادث الأخرى، كتصادم سيارة بجدار الأنبوبة بهدف منع تسرب النفايات المشعة السائلة من الأنابيب للخارج.

د-يفضل احتواء شبكة أنابيب النقل داخل وسيلة حاوية إضافية، تطبيقا لمبدأ الدفاع في العمق.

<u>الضخ غير الميكانيكي للنفايات المشعة السائلة داخل الموقع</u>

يفضل الضخ غير الميكانيكي لنقل النفايات المشعة متوسطة المستوى في الموقع ويرجع السبب في ذلك إلى عدم حاجة هذا النظام للصيانة حتى عند التشغيل لفترات طويلة ويمكن استخدام أي من التجهيزات الثلاثة التالية لهذا الغرض وهي:

أ-القواذف الهوائية أو البخارية.

ب - بالروافع الهوائية أو روافع الجسيمات بالتفريغ.

ج-المضخات الخاصة بالموائع.

الضخ الميكانيكي للنفايات المشعة السائلة

أ- يقتصر استخدام الضخ الميكانيكي لنقل النفايات السائلة في الموقع على النفايات المنتمية للفئة منخفضة المستوى الإشعاعي، أي النفايات التي لا يتجاوز تركيز بواعث بيتا وجاما فيها ٣٧ جيجابكرل/م^{٣} (١ كيوري/م^{٣}) ولا يجوز استخدام الضخ الميكانيكي مع تركيزات أعلى.

ب- يجوز استخدام المضخات العاملة بالطرد المركزي، المغمورة بالكامل في السائل في نقل السوائل الخفيفة بما فيها السوائل متوسطة المستوى الإشعاعي.

التحكم في معدل سريان النفايات المشعة السائلة

أ-عند الحاجة للتحكم في معدل سريان النفايات المشعة السائلة في مرافق معالجة هذه النفايات يجوز استخدام أي من الوسائل التالية دون غيرها:

(١) الصمامات (وفقاً لمتطلبات إجراء الصيانة عليها أثناء التشغيل).

(٢) وسائل التحويل الميكانيكي.

(٣) الفوهات ذوات الرؤوس الحاكمة.

(٤) الأجهزة الموائع.

ب- بالنسبة للنفايات المشعة السائلة متوسطة الإشعاع فإنه يجب أن يقتصر الأمر على استخدام الوسائل التي يمكن أجراء الصيانة عليها أثناء التشغيل دون غيرها.

نقل النفايات السائلة بواسطة المركبات

أ- يفضل استخدام المركبات لنقل الكميات المحدودة من النفايات المشعة السائلة داخل الموقع أو إلى أماكن معالجة هذه النفايات ولهذا الغرض يجب استخدام حاويات ذات أحجام متفاوتة مصممة خصيصاً لنقل هذه النفايات ومزودة بالحماية اللازمة.

ب- يجوز استخدام المركبات ذات الصهاريج في نقل النفايات المشعة السائلة منخفضة المستوى إلى مرفق المعالجة .

ج- يجب أن يخضع نقل النفايات داخل الموقع، لنفس قواعد النقل الأمن للمواد المشعة الصادرة عن الجهة المختصة.

تخزين النفايات المشعة السائلة

أ- تتضمن إدارة النفايات المشعة السائلة إمكانية استخدام صهاريج أو حاويات لتخزين هذه النفايات لأغراض مختلفة منها:

(١) صهاريج أو حاويات تشغيل قصيرة المدى مثل صهاريج التجميع أو الفصل أو الرصد أو الترسيب أو غيرها.

(٢) صهاريج الاضمحلال في الموقع (لمدة سنة أو عدة سنوات، وبما لا يزيد على عشر سنوات بالنسبة للنفايات المشعة قصيرة العمر النصفي) قبل المعالجة أو التخلص.

(٣) صهاريج التخزين المؤقت لتخزين النفايات المشعة السائلة غير المعالجة.

ب- يجب أن يخضع مخزون النفايات المشعة السائلة للتبريد ولاعتماد الجهة المختصة عند وجود عدد كبير من صهاريج التخزين لديه.

صهاريج التخزين ومتطلبات الاحتواء

أ-عند تصميم نظام لتخزين النفايات المشعة السائلة، يجب أن يؤخذ عدد من العوامل في الحسبان وهي:

(١)الحجم اللازم من النفايات المشعة السائلة للتخزين وتوفر صهاريج وحاويات بديلة.

(٢)طبيعة السوائل الخاضعة للتخزين.

(٣)متطلبات الحماية والأمان للنفايات المخزنة،ومتطلبات الاحتواء.

(٤) المواد المستخدمة في نظام التخزين والقيود على الإنشاءات.

(٥) معايير التصنيع والإنشاء للنظام.

(٦) تيسير جميع عمليات الصيانة والأعمال التصحيحية المختلفة.

ب- يجب تطبيق مبدأ الدفاع في العمق في جميع عمليات تخزين النفايات المشعة السائلة ويتمثل ذلك في ضرورة احتواء النفايات المشعة في الحاويات الأولية، وهي أوعية أو صهاريج التخزين،توضع داخل حاويات ثانوية

وهي عبارة عن خلايا أو غرف مبطنة وبالنسبة للنفايات المشعة السائلة منخفضة المستوى يجب أن تكون أرضيات وجدران الخلايا أو الغرف الثانوية مبطنة بمادة متبلمرة مثل الإيبوكسي كحد أدنى أما بالنسبة للنفايات متوسطة المستوى، فيجب أن تبطن أرضية وجدران الخلايا أو الغرف بمادة أكثر مقاومة كالفولاذ غير القابل للصدأ وبالنسبة للنفايات السائلة المتضمنة لبواعث ألفا، يجب أن تزود وسيلة الاحتواء الثانوي بصندوق قفازات آمن ومناسب.

ج-بالنسبة لصهاريج التخزين بصفة عامة، وللأحجام الكبيرة منها بصفة خاصة، يجب أن يوضع في الحسبان تيسير إمكانية إجراء الصيانة لمباشرة لها.

د- بالنسبة للصهاريج الصغيرة، يجب أن يوضع في الحسبان إمكانية توصيل الصهاريج ببعضها البعض،أو استبدال أي من هذه الصهاريج يتطلب الأمر استخدام تكاليف كبيرة، وتصاميم مجربة، وتوفر إمكانية الفك وإعادة تركيب البديل بيسر وسهولة.

هـ- يجب أن يوفر نظام الصهاريج والحاويات التوافق الكيميائي الكامل بين السوائل المحتواه، وبين حاوياتها، بحيث لا تؤثر السوائل على خصائص الحاويات، أو تقلل من كفاءتها مع مرور الوقت كما يجب أن يوفر نظام التخزين إمكانية استعادة النفايات السائلة بالكامل عند الحاجة.

و- عند بدء تخزين النفايات المشعة في الصهريج أو الحاوية، يجب أن يثبت عليه العلامة الدالة على مخاطر الإشعاع (العلامة ثلاثية الأوراق) بحيث تكون واضحة من جميع جهات الاقتراب للصهاريج ومن مسافة بعيدة كذلك يجب أن يثبت على الصهريج أو الحاوية ملصق واضح يحوي جميع البيانات اللازمة كالرقم المسلسل الخاص بالحاوية (بالصهريج) والنويدات المشعة المتضمنة داخله ، والنشاط الإشعاعي المقيس أو المقدر عند لحظة التخزين، وتاريخ التخزين، ومصدر النفايات (المختبر أو الغرفة أو الوسيلة التي جلبت منها النفايات)، وجميع الأخطار المحتملة الإشعاعية والكيميائية وغيرها، ومعدل الجرعة الفعالة على سطح الحاوية (الصهريج)،

وتاريخ قياسه (إن اختلف عن تاريخ التخزين)، وكمية النفايات السائلة المخزنة في الحاوية (وزناً وحجماً) والشخص المسؤول عن التخزين، على أن يوقع الملصق من منسق النفايات (أو مسؤول الحماية من الإشعاع).

ز- تحت ظروف معينة يمكن أن تولد النفايات المشعة السائلة غازات قابلة للاشتعال، نتيجة للتفاعلات الكيميائية أو التعرض الإشعاعي عندئذ يجب أن يتوفر نظام للكشف عن تولد هذه الغازات وتراكمها.

ح-يجب ان تتميز مخازن النفايات المشعة السائلة بخاصية الخمول الذاتي وهذا يعني إمكانية تشغيل المخزن وإدارته بأقل قدر من المراقبات أو الخدمات المختلفة.

ط-يجب أن يتوفر بالمخزن وسيلة للكشف عن التسرب، ويجب أن يؤمن المخزن إمكانية احتواء التسرب داخله، دون أن ينتشر خارجه ويجب توفير إمكانية نقل محتويات الصهريج على الفور إلى صهريج آخر.

ي- يجب أن يستوفي المكان المستخدم لتخزين النفايات المشعة السائلة جميع متطلبات مخازن النفايات المشعة من حيث مراقبة الدخول للمخزن،ومستويات الإشعاع خارجه، بما يتوافق مع متطلبات التعليمات العامة للحماية من الإشعاعات المؤينة.

التجهيز الكيميائي للنفايات المشعة السائلة

يهدف التجهيز الكيمائي للنفايات المشعة السائلة إلى تحويلها إلى صورة صالحة للتخزين أو للمعالجة الكيميائية النهائية ويتضمن هذا التجهيز عددا من العمليات، مثل الحصول على النفايات السائلة في صورة متعادلة كيميائيا، من خلال:

أ- ضبط الأس الهيدروجيني للنفايات المشعة السائلة:

(١) يتم ضبط الأس الهيدروجيني للنفايات السائلة بالتحكم فيه بإضافة أحماض أو قلويات لهذه النفايات ويفضل معالجة تيارات السوائل السارية من النفايات السائلة أثناء دخولها إلى الوعاء المجمع ويجوز إجراء المعالجة لكميات كبيرة داخل الوعاء ذاته.

(٢) يجب أن تعالج السوائل المحتوية على النيتريت أو اليوريد ، أثناء الدخول للوعاء الحاوي، لمنع انبعاث الغازات السامة أو المشعة داخل الوعاء.

(٣)يجب ضبط السائل لمنع حدوث ترسبات موضعية داخل الصهريج (أو الحاوية) لمنع حدوث التآكل فيه ، ولضمان أسلوب تشغيل فعال للمعالجة.

(٤)عند ضبط الأس الهيدروجيني، يجب أن يؤخذ في الحسبان أن إضافة بعض المواد المساعدة قد يؤدي إلى تكون أملاح خلال بعض عمليات المعالجة مثل التبخير أو التركيز، أو التصليد عندئذ فإنه يجب الاستعاضة عن عملية ضبط الأسس الهيدروجيني بإحدى العمليات الأخرى للتجهيز مثل نزع حمض النيتروجين أو التحليل الكهربائي.

ب-نزع النترات من النفايات المشعة السائلة

بالنسبة للنفايات المشعة السائلة متوسطة المستوى، فإنه قبل إخضاع هذه النفايات للتركيز بواسطة التبخير، أو لعمليات الترسيب، ينبغي أن تخضع قبل ذلك لعملية نزع النترات وتتلخص هذه العملية في أن كل من حمض النيتروجين وحمض الفورميك يتفاعلان معاً منتجين الماء ومنتجات غازية ملوثة من ثاني أكسيد الكربون وأحد أكاسيد النيبروجين ويؤدي هذا التفاعل بدوره إلى خفض تركيز حمض النيتروجين، دون تكون أية أملاح مترسبة.

المعالجة الأولية للنفايات المشعة الصلبة

تهدف المعالجات الأولية للنفايات المشعة الصلبة إلى إعداد هذه النفايات بصورة مناسبة، لتسهيل مراحل وخطوات معالجتها، والتخلص النهائي منها وتتضمن إجراءات المعالجة الأولية الآتي :

أ-اتخاذ الإجراءات الإدارية للمعالجة الأولية.

ب-فرز النفايات وفصلها في مجموعات متجانسة.

ج-خفض حجم النفايات للحد الأدنى.

د –إزالة تلوث حاويات النفايات.

هـ-تغليف النفايات تمهيداً لنقلها لمنطقة التخزين المؤقت، أو لمرفق إدارة النفايات أو للعمليات الأخرى المحددة من قبل الجهة المختصة.

و- التخزين لحين اضمحلال النشاط الإشعاعي.

الإجراءات الإدارية للمعالجة الأولية للنفايات الصلبة

أ- تتمثل الإجراءات الإدارية للمعالجة الأولية في وضع الخطوات الأساسية لإدارة النفايات في صورة مكتوبة بواسطة المرخص له الذي تتولد عن ممارساته نفايات مشعة، بما في ذلك خطوات التجميع والفرز والفصل في مجموعات، والتغليف والنقل للتخزين المؤقت أو الإعادة للمنتج، أو غيرها كما تتمثل في فتح السجلات الرسمية التي تتضمن كافة البيانات والمعلومات الدقيقة، والوصف الكامل للنفايات، والاحتفاظ بهذه السجلات للفترة التي تحددها الجهة المختصة.

ب-في الحالات التي قد لا تتوفر لها المعلومات الأكيدة، فإنه يجب أن يستخدم المرخص له وسائل قياس دقيقة، للحصول على المعلومات المؤكدة اللازمة ، ويجب أن يحتفظ المرخص له بسجلات وافية، تتضمن جميع المعلومات المرتبطة بالنفايات.

فرز النفايات الصلبة وفصلها في المعالجة الأولية:

أ-تبدأ خطوات المعالجة الأولية بفرز النفايات المشعة وفصلها وتجميعها في مجموعات،وفقا لنوع المواد المشعة الموجودة بها وكمياتها ، وكذلك وفقاً لخواصها الفيزيوكيميائية.

ب-تتم عمليات الفرز والفصل والتجميع يدوياً أو آلياً وتتم عمليات الفرز والفصل في نفس المكان الذي تتولد فيه النفايات المشعة وفي حالات خاصة يجوز تنفيذ هذه العمليات في مرفق وطني خاص بالفرز.

ج-لتنفيذ عمليات الفرز، يجب أن تتوفر لدى المرخص له الخبرة البشرية الملمة بطرق المعالجة الأولية للنفايات المشعة المتولدة لديه بما في ذلك الآتي:-

(١) الخبرة في الكشف عن المواد الخطرة،كالمواد الآكلة والسامة والمتفجرة وغيرها،وإزالة هذه المواد من النفايات المشعة أثناء عمليات الفرز.

(٢) الخبرة في فرز النفايات المشعة وتصنيفها ضمن مجموعات تتفق مع عمليات المعالجة كالمواد القابلة أو غير القابلة للحرق والمواد القابلة أو غير القابلة للكبس ، وحاملات بواعث ألفا ، وحاملات بواعث بيتا وجاما ، والمصادر محكمة الإغلاق ، وغيرها.

(٣) توفير جميع المعلومات حول النفايات الخاضعة للفرز وتسجيلها في السجلات الخاصة بالنفايات أو تزويد إدارة سجلات النفايات بها.

د- يتم فصل النفايات الخاملة كيميائياً عن النفايات النشطة ، بحيث يكون حجم النفايات النشطة كيمائياً أقل ما يمكن .

هـ- يتم فصل النفايات قصيرة العمر النصفي عن النفايات متوسطة أو طويلة العمر النصفي.

و- تجمع نفايات النوع الواحد في وعاء خاص لاحتواء هذه النفايات . ويجب توفير عدد من الأوعية، يكفي لتجميع الأصناف المختلفة في منطقة العمل.

ز- يجب أن تطلى جميع أوعية النفايات المشعة بطلاء أصفر فاتح ، وأن تثبيت عليها علامة مادة مشعة بطريقة غير قابلة للإزالة.

ح-ويجب ألا توضع النفايات داخل الوعاء مباشرة، وإنما يجب أن توضع داخل كيس مصنوع من البولي إثيلين أو البلاستيك السميك، بحيث يمكن إحكام غلقه بعد امتلائه، وأخذه من داخل الوعاء ، دون تبديد لأية نفايات ويجب ألا يسمح الكيس بخروج البلل منه إن وجد، أو وصوله إلي قاع الوعاء أو جدرانه.

المعالجة النهائية للنفايات المشعة الصلبة

تتضمن المعالجة النهائية للنفايات المشعة الصلبة عدداً من العمليات، التي تهدف إلي دمجها، وتقليص حجمها للحد الأدنى، الذي يتناسب مع مبدأ ألارا ، أو إلى احتواء هذا النفايات داخل هياكل صلبة ومتينة، غير قابلة للتفتيت أو التآكل وتتضمن المعالجة النهائية عدداً من العمليات، التي تهدف إلي تقليص حجم النفايات المشعة مثل الكبس والحرق كما تتضمن عدداً آخر من العمليات التي تهدف إلي احتواء النفايات المشعة، لعدم وصولها للبيئة البشرية مثل الاحتواء داخل القوالب الخرسانية (تصليد النفايات المشعة) والاحتواء بالبلمرة.

كبس النفايات الصلبة في المعالجة النهائية

يهدف كبس النفايات المشعة الصلبة، كأحد عمليات المعالجة النهائية، إلي زيادة كثافة هذه النفايات، بما يحقق أقل حجم ممكن منها وتطبق عمليات الكبس على النفايات الصلبة منخفضة مستوى الإشعاع ، متوسطة وطويلة العمر، وعلى النفايات المتضمنة لبواعث ألفا .

ويستخدم للكبس أنواع مختلفة من المكابس، تتراوح القوة المطبقة فيها بين ١٠٠ ١٥٠٠ طن ثقل، وتحقق ضغطاً يتراوح بين ٤٠ و ٨٠٠ كيلو جرام/ سم٢ وفضلا عن المكابس، تستخدم ضواغط لعمل البالات، وللتخريم والتكييس والحشو ويعتمد معامل الكبس على نوع المواد، وعلى تقنيات المعالجات الأولية، ويتراوح عادة بين ٣ و ١٠ ومعامل الكبس هو نسبة الحجم قبل الكبس إلى نسبته بعد الكبس ولا تجرى عمليات الكبس النهائي للنفايات المشعة الصلبة، إلا بعد الانتهاء من عمليات المعالجة الأولية.

ويجب أن يوفر المرفق المعنى بالتخلص من النفايات الصلبة المكابس عالية الضغط،، التي تزيد القوة التي تطبقها على ١٠٠ طن ثقل، لتنفيذ جميع عمليات الكبس اللازمة لتقليص الحجم، إلى الحجم النهائي، الذي سيتم تخزينه أو التخلص منه كنفايات مشعة .

التخزين المؤقت للنفايات المشعة الصلبة:

فضلاً عن أماكن التخزين للاضمحلال، يجب أن يوفر صاحب الترخيص الأماكن المناسبة للتخزين المؤقت للنفايات المشعة الصلبة لديه أو يقوم بحفظها بشكل مؤقت، لحين نقلها للمعالجة أو التخلص النهائي وتخضع جميع أماكن التخزين المؤقت، للنفايات ضعيفة أو متوسطة أو عالية المستوى لمعايير الحماية والأمان الواردة فى التعليمات العامة للحماية من الإشعاعات المؤينة كما يجب ألا تتجاوز مدة التخزين المؤقت للنفايات منخفضة أو متوسطة أو عالية المستوى مدة عشرة أعوام، بحيث تتم المعالجة لهذه النفايات أو التخلص منها تخلصا نهائياً قبل انقضاء هذه المدة.

ويجب أن تستوفى أماكن التخزين المؤقت للنفايات المشعة المتطلبات الصادرة عن الجهة المختصة وأن تجهز بجميع الاحتياجات البشرية والفنية، اللازمة لتداول النفايات المشعة المخزنة بشكل آمن.

متطلبات عامة لأماكن التخزين :

أ-يجب أن تؤمن أماكن تخزين النفايات المشعة سواء مخازن الاضمحلال أو المخازن المؤقتة عدم تسرب أو انتشار الملوثات المشعة، إلى جميع عناصر البيئة (تربة - هواء - نبات - مياه سطحية وجوفية).

ب-يجب فصل النفايات المشعة داخل المخازن عن بعضها البعض، وفصل النفايات غير المعالجة عن النفايات المعالجة،المخزنة لحين التخلص النهائى منها كما يجب أن تتوفر الأماكن التي تستوعب كميات النفايات المنتجة.

ج-يحظر تخزين النفايات المشعة بالقرب من المواد الخطرة الأخرى، كالمواد القابلة للاشتعال أو الانفجار أو غيرها.

د -يجب أن يحقق التصميم المستخدم للمخازن سهولة الوصول لأماكن التخزين، وسهولة عمليات التخزين أو السحب،للعبوات المختلفة من النفايات.

هـ-يتم عمل الجدران والأرضيات،من مواد يسهل إزالة تلوثها حال حدوثه ويتم تغطية الأرضيات بغطاء مزود بحافة منثنية عند الجدران، لمنع تسرب المادة المشعة حال تسربها بين الأرضيات والجدران ويجب عمل ميول في الأرضيات لتجميع أية مواد مشعة داخل مكان محدد في المخزن وعدم خروجها خارجه.

و- يتم تحديد طرق الاقتراب من المخازن تحديداً دقيقاً وتوضع عليها العلامات التخذيرية، والإشارات اللازمة، لتحديد هويتها وإمتداداتها.

ز-يجب أن تؤمن الميول خارج المخزن عدم وصول أية مياه أو سوائل أخرى لموقعه.

ح-يجب أن تزود أماكن التخزين بالآتي:

(١) تهوية مناسبة وعدم ارتفاع درجة الحرارة داخل المخزن إلى قيم غير مقبولة.

(٢) وسائل الكشف عن الحرائق واللهب، ووسائل كافية لمكافحة النيران والحرائق.

(٣) وسائل مناسبة للإنذار بارتفاع المستوى الإشعاعي داخل المخزن أو حوله.

(٤) أبواب مقاومة للنيران يسهل إحكام غلقها.

ط- يجب تأمين مخازن النفايات المشعة ضد العبث أو السرقة، وعمل كافة وسائل الحماية المادية، لمنع وصول البشر أو الحيوانات إلى المخزن.

ي-يجب الاحتفاظ بنسخة من سجل المخزن، تتضمن كافة المواد والنظائر المخزنة فيه ، وتواريخ تخزينها، ومواقع التخزين، والأرقام المسلسلة لعبوات التخزين ومواقعها،بالقرب من مدخل المخزن وأن تسجل جميع البيانات الخاصة بالنفايات المخزنة في هذا السجل أولاً بأول.

<u>تغليف النفايات المشعة الصلبة</u>

التغليف هو أحد حلقات تجهيز النفايات المشعة للنقل أو التخزين المؤقت أو الدائم،أو التخلص النهائى ويستخدم الغلاف كوعاء حاو محكم للنفايات المشعة أو لتصليد هذه النفايات، ويمثل درعاً إضافياً.

ب-يجب أن يؤمن الغلاف (الوعاء) مقاومة كبيرة لتآكل المادة الموجودة داخله،وأن يخفض مخاطر التلوث بهذه المادة، وأن يوفر متانة ميكانيكية كبيرة، وييسر من عمليات تداول ونقل التغليف.

ج-يجب أن يستوفى التغليف جميع متطلبات النقل الآمن للمواد المشعة، بما في ذلك المتطلبات الوطنية والدولية عن النقل الدولي.

د-عند التخلص من التغليف في مياه المحيطات، فإنه يجب عند عمل التغليفات، الاسترشاد بالتوصيات المحلية والدولية الصادرة.

هـ-إن أفضل التغليفات والحاويات، التي يفضل استخدامها مع النفايات الصلبة هي البراميل ذات السعات المختلفة (من ١٠٠ حتى ٤٠٠ لتر).

و-يجب أن يطلى التغليف (البرميل)من الخارج بمادة مقاومة للتآكل، وأن تدون عليه، من الخارج، جميع البيانات الخاصة بالنفايات المحفوظة داخله، وأسماء النويدات المشعة وعدد المصادر، والنشاط الإشعاعي لكل منها.

ز-يجب ألا يتجاوز معدل الجرعة الفعالة على السطح الخارجي للبرميل المملوء بالنفايات المشعة، ٢ مللي سيفرت/ ساعة.

حرق النفايات الصلبة في المعالجة النهائية:

أ-يهدف حرق النفايات المشعة الصلبة في المعالجة النهائية إلى خفض حجمها وتقليص دور المخاطر الكيميائية المرتبطة بها.

ب-تتضمن عمليات الحرق كل من الحرق المحكوم والانحلال الحراري والهضم بالأحماض، والحرق بالأملاح المنصهرة وغيرها وتعرف هذه العمليات كالآتي:

(١) يقصد بالحرق المحكوم حرق المواد القابلة للحرق في وسط محكوم غنى بالأكسجين والوسط المحكوم هو الوسط المغلق، حتى لا تتسرب نواتج الاحتراق إلى البيئة، إلا من خلال المنفذ المخصص لذلك، وبالكميات المسموح بها.

(٢) يقصد بالانحلال الحراري حرق المواد في الهواء، أو في جو شحيح الأكسجين، تحت تأثير درجة حرارة عالية، مما يؤدي إلى تحويل جزء من مادة النفايات إلى غاز ٠

(٣) يقصد بالهضم بالأحماض أكسدة مواد النفايات بحمض النيتريك في وسط من حمض الكبريتيك المركز وفي هذه العملية يستخدم حمض الكبريتيك المركز لكربنة المواد العضوية الصلبة، ثم يقوم حمض النيتريك بأكسدة الكربون.

(٤) يقصد بالحرق بالملح المنصهر أكسدة مواد النفايات في وسط مكون من ملح منصهر وفي هذه الطريقة، يتم حرق النفايات مع الهواء الجوي في وسط مكون من كربونات أو كبريتات الصوديوم المنصهرة ، حيث تحتجز نواتج الاحتراق والرماد، والمواد غير القابلة للاحتراق في ملح مصهور وتستخدم هذه الطريقة في كثير من الأحيان مع المواد البلاستيكية، والمرشحات والأنابيب الفلزية وغيرها.

لحرق النفايات تجمع في أربعة مجموعات هي:

(١) مواد السليولوز كالورق والكرتون والخشب والجرافيت.

(٢) مواد البلاستيك والمطاط (طبيعي وصناعي).

(٣) حيوانات التجارب.

(٤) راتنجات التبادل الأيوني.

عند تنفيذ عمليات حرق النفايات المشعة، يجب أن تجهز المحرقة اللازمة لحرق النفايات المولدة ، أو التي تجمعه ، بحيث تؤمن اكتمال عمليات الحرق ، كما تؤمن سريان الغازات المتصاعدة بيسر، بعيداً عن العاملين أو عامة البشر كذلك يجب أن تستوفى مكونات المحرقة المتطلبات الخاصة بمقاومة التآكل وأهم الجوانب التي ينبغي أخذها في الحسبان ما يلي:

(١)تآكل أنابيب وقنوات سريان الغازات نتيجة تولد غازات آكلة مثل كلوريد الهيدروجين أو فلوريد الهيدروجين أو غيرها، وإرتفاع درجة الحرارة.

(٢) معالجة الرماد المتكون عن الحرق بحرص شديد حتى لا يتناثر إلى البيئة ويلوثها.

(٣) خفض جرعات الإشعاع للعاملين الناتجة عن خفض نواتج الحرق كالرماد أو الغازات والأبخرة الأخرى، أو يسبب مخاطر أخرى غير إشعاعية.

هـ-يجوز استخدام عمليات الحرق لمعالجة النفايات المشعة، منخفضة ومتوسطة المستوى ، وعند استخدام الحرق لمعالجة النفايات متوسطة المستوى، يجب تدريع المحرقة المستخدمة لحرق هذه النفايات، بدروع إشعاعية كافية، تؤمن عدم تعرض العاملين والبشر لجرعات إشعاع تتجاوز الحدود المطبقة.

و-بالنسبة للنفايات التي تتضمن ملوثات مشعة، لبواعث ألفا، أو راتنجات تبادل أيوني، فإنه يفضل أى حرقها باستخدام طريقة الهضم بالأحماض،نظراً لأن الهواء المنبعث عن هذه الطريقة، والمحمل بالنواتج المشعة يكون محدودا للغاية، بالمقارنة بطريقة الحرق العادية.

<u>متطلبات حرق النفايات المشعة الصلبة</u>

يجب انشاء المحرقة أو المحارق، التي تتلاءم مع أنواع النفايات الخاضعة للحرق وعموما يحظر حرق نفايات مشعة في محرقة غير مخصصة لذلك النوع من النفايات.

خطوات وإجراءات حرق النفايات المشعة الصلبة:

يجب أن تتم عمليات الحرق وفقا لخطوات محددة وهي:

فرز النفايات قبل الحرق: فضلاً عن قواعد الفرز السابقة، يجب فرز النفايات المشعة قبل الحرق ، لاستبعاد أية مواد متفجرة ، واستبعاد أو خفض نسبة أية مواد تؤدي إلى تصاعد أبخرة أكالة مثل الكلوريدات أو الفلوريدات وأن يكون مكان الفرز بعيداً عن مكان الحرق، لتفادي امتداد النيران للنفايات قبل فرزها وبعد الفرز تعبأ النفايات في أكياس أو كراتين مصنوعة من مادة غير هالوجينية، ويمكن أن تتم عملية الفرز يدوياً أو آلياً.

تغذية فرن الحرق : يجب أن يتم تغذية الفرن بالمواد الخاضعة للحرق من منطقة جيدة التهوية ويجب أن يؤمن الضغط في هذه المنطقة سريان الهواء من المنطقة إلى الفرن، وليس في الاتجاه المعاكس، و أن يكون باب الفرن من النوع المقاوم للحرارة ، ويفضل أن يصنع من طبقتين يفصلهما عازل مبرد بالماء الساري، لمنع وصول الحرارة للنفايات الخارجية وتسخينها كما يجب اختيار معدل تغذية الفرن بالنفايات، سواء على دفعات أو بصورة مستمرة وإن كانت التغذية المستمرة تكفل التشغيل المتجانس .

مراقبة الحرق:

(١) يجب اختيار نوع الوقود المستخدم للفرن (بروبان أو فحم أو غاز أو نقط)، حيث يعتمد الاختيار على الوقود المتوفر وينبغي الإشارة إلى أنه على الرغم من أن الأفران التي تعمل بالنفط، تنتج كمية أقل من المياه أثناء عملية الحرق،إلا أنها تنتج كميات كبيرة من أكاسيد الكبريت، التي يمكن أن يتكون عنها حمض الكبريتيك في وجود الماء، مما يؤدي إلى تآكل سريع في الأنابيب والمعدات لذلك، يفضل في هذه الحالات استخدام أفران كهربائية للحرق، بدلاً من أفران الغاز أو النفط.

(٢) يجب التحكم في درجة حرارة الفرن، بحيث لا تقل على ٧٠٠ ^{0} م، ولا تزيد على ١٢٠٠ ^{O} م، تبعاً لنوع المواد الخاضعة للحرق ويفضل الحرق عند درجة حرارة تبلغ حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية، لخفض كمية المواد غير المحروقة والسياج في الغازات المنطلقة من ناحية ، وللمحافظة على المرفق من التلف من ناحية أخرى.

(٣) بالنسبة لتقنيات الحرق قد تلزم قيم أعلى لدرجات الحرارة في بعض الأفران ذات درجات الحرارة الأعلى من ١٢٠٠ ^{O}م في هذه الحالة فإنه يجب توجيه العناية الخاصة للحرق وللمحارق وللإمداد بالأكسجين.

<u>تجميع الرماد المتخلف:</u>

(١) يجب تنظيف الفرن من الرماد المتخلف عن عمليات الحرق بعد كل عملية وأن تصنع حفر تجميع الرماد في الفرن من مادة مقاومة للانصهار أو التآكل ويجوز تجميع الرماد بطريقة مباشرة في براميل خاصة متصلة بمخرج الحفرة ، أو بواسطة وسائل يدوية أو آلية خاصة.

(٢) يتم إجراء عملية التنظيف بكسح الرماد خارج الحفرة، بتيار مائي عبر شبكة كسح كاملة ومن مزايا هذه الطريقة أنها تخفض التلوث الإشعاعي.

نظم الأمان ومراقبة المحرقة:

(١) يجب توفير جميع نظم الأمان والمراقبة للمحرقة، بما في ذلك وسائل التحكم المناسبة في الأجهزة الميكانيكية والكهربائية المستخدمة في المحرقة، كالمراوح والمضخات والحارقات، والأجهزة المختلفة اللازمة لقياس درجات الحرارة، والضغط داخل غرفة الحرق، ودرجات الحرارة عند نقاط مختلفة في دائرة التنظيف ، وفروق الضغط في المناطق المختلفة لمراقبة انسداد المرشحات،وأجهزة قياس الأس الهيدروجين لمياه الغسيل.

(٢) يجب اتخاذ كافة الإجراءات لمنع هروب الغازات المشعة من أفران وغرف الحرق ، ووصولها إلى أماكن العمل أو مساكن البشر، خاصة عند زيادة الضغط في غرف الحرق ومن أهم هذه الإجراءات تزويد الأفران بمداخن تصريف مزودة بصمامات أمان ويجب أن تزود مداخل الهواء للأفران بصمامات، تعمل في اتجاه واحد، حتى لا تسمح بعودة الهواء من الأفران إلى مواقع العمل.

معالجة الغازات المتصاعدة من المحارق:

عند وجود أية مخاطر من الغازات المتصاعدة من المحارق، يجب توفير الطريقة والتجهيزات المناسبة لعلاج هذه الغازات، قبل إطلاقها للبيئة وتتمثل طرق معالجة الغازات المتصاعدة في الآتي :

(١) طرق المعالجة الرطبة:ولا تستخدم هذه الطريقة إلا بعد تبريد الغازات على عمود غسيل دوامي، أو عمود غسيل محشو بكرات صغيرة من السيراميك وتتطلب هذه الأجهزة وجود تجهيزات إضافية لترشيح وتجهيز مياه الغسيل، قبل إعادة التدوير

وتتكون هذه التجهيزات من مرشح أولى يتبعه طبقة من الرمل أو مرشح دقيق ، وعازل حراري لخفض درجة حرارة المياه بعد التنقية إلى مادون ٥٠ ^{O}م ، ووسيلة للتحكم في الأس الهيدروجينى، بحيث يكون عند حوالي ٥، ٧ ٠

(٢)طرق المعالجة الساخنة الجافة:هناك أنواع من المرشحات المصممة للعمل عند درجات الحرارة العالية ، تدفع إليها الغازات مباشرة من غرفة الحرق، وتحجز هذه المرشحات الجسيمات غير المحترقة، التي تحملها غازات المدخنة وتحرقها، فتحولها إلى رماد والمرشحات المستخدمة لهذا الغرض هي مرشحات الشمعة الفخارية، أو المرشحات الفلزية الملبدة،وأهم مشاكل هذه المرشحات حدوث شروح فيها نتيجة للإجهاد الحراري،أو انسداد مسامها، بحيث لا يمكن تنظيفها بضخ الهواء في الاتجاه المعاكس لذلك يجب تغطية هذه المرشحات بمادة خاملة لزيادة كفاءتها.

(٣) طرق المعالجة الباردة الجافة: وتستخدم مرشحات على شكل أكياس وتتطلب تبريد الغازات المتصاعدة بواسطة مبادل حراري أو بالهواء وتعتمد درجة الحرارة القصوى للغاز على نوع المرشح المستخدم إلا أن هذه الدرجة تقترب من ٢٥٠ o م ، بالنسبة للكثير من المرشحات ويتم تنظيف أكياس الترشيح بالهز الشديد أو بالنفخ وأحياناً تستخدم المرشحات الكهروستاتية بدلاً من أكياس المرشحات.

(٤)إزالة بعض مكونات الغازات المتصاعدة : ويمكن استخدام مرشحات خاصة للمركبات المطلوب إزالتها معروفة باسم مرشحات الفرشاة الحبيبية .

(٥) الترشيح المطلق للغازات : وتستخدم عند الحاجة لإزالة الغبار من الغازات بواسطة مرشحات من النوع المطلق.

خفض حجم النفايات المشعة الصلبة

أ- يهدف خفض حجم النفايات المشعة إلي تيسير تغليفها وإعدادها للتخلص أو للنقل إلى المرفق الوطني للتخلص من النفايات، أو إلي تجهيزها لعمليات المعالجة اللاحقة.

ب-يتم خفض حجم النفايات المشعة بعدة طرق تبعا لنوع النفايات مثل التفكيك والتمزيق والتفتيت والكبس، وإزالة التلوث والحرق وغيرها .

ج-يستخدم التمزيق أو التفتيت لبعض النفايات الصلبة الأخرى، التي لا تخضع للتفكيك أو النشر وتطبق، عادة، عمليات التمزيق أو التفتيت على النفايات قبل حرقها أو كبسها، بغرض تسهيل عمليات الحرق أو الكبس .

د-يتضمن التفكيك جميع العمليات المستخدمة لهدم أو تكسير هيكل النفايات الصلبة مثل النشر أو القطع أو الطحن أو الجرش أو غيرها، مع ضرورة التقيد بالسيطرة على انتشار الملوثات المشعة المتولدة عن هذه العمليات.

هـ-تستخدم تقنية الكبس لتقليص حجم النفايات الصلبة القابلة للكبس، كمرحلة من مراحل المعالجات الأولية،التي تسبق نقل هذه النفايات للمعالجات النهائية وتستخدم لهذا الغرض مكابس منخفضة الضغط لا تتجاوز القوة المطبقة فيها طن ثقلي .

أوعية احتواء النفايات المشعة الصلبة

أ-يجب أن تكون أوعية احتواء النفايات المشعة الصلبة، متوسطة وطويلة العمر النصفي مصنوعة من مواد محددة ومناسبة للغرض المطلوب، وطبقا لمعايير مناسبة ، بحيث تكفل بقاء هذه الأوعية سليمة، وتحافظ على متانتها، لفترات تصل الى حوالي ٥٠٠ سنة، ويمثل هذا المطلب أهمية خاصة عند دفن النفايات في مقابر ضحلة.

ب-إن المواد المقبولة، للجهة المختصة، لعمل الأوعية الحاوية للنفايات المشعة، هي الفولاذ المكربن، والحديد الزهر ، والفولاذ غير القابل للصدأ ، والرصاص ، والنحاس ، والتيتانيوم، والخرسانة المسلحة ، وبعض أنواع المواد البلاستيكية المعمرة.

ج-يستخدم الفولاذ المكربن في عمل بعض حاويات النفايات المشعة كالبراميل سعة ٢٠٠ لتر و ٤٠٠ لتر، وبعض الحاويات المكعبة التي تستوعب حتى ١٠م^{3} من النفايات. وتستخدم هذه المادة في صورة رقائق ملحومة أو مطوية ، تبلغ في البراميل التقليدية حوالي ١٢ رقيقة من الفولاذ قليل الكربون، المسحوب على الساخن. ولزيادة متانة البرميل تثبت عادة بين الرقائق عدد من الحلقات الفلزية. ونظرا لإمكانية تآكل هذه الرقائق مع مرور الوقت يمكن أن يفقد البرميل خصائصه اللازمة للتخزين أو للدفن خلال مدة محدودة من الزمن. لهذا السبب يجب أن تطلى البراميل، من الداخل والخارج (أو من الخارج فقط حسب مكونات المواد في الداخل) بطلاء مقاوم للتآكل مثل الراتنجات الإيبوكسية ، أو الخارصين الفلزي، أو كرومات الخارصين ، أو راتنجات السليكون، أو غيرها. وفي بعض الأحيان، فإنه لعزل البرميل عن الهواء الجوى، يجب وضعه داخل كيس من البلاستيك المتين، محكم الإغلاق. وعند الحاجة لزيادة متانة البرميل أو خصائصه التدريعية، تستخدم براميل الفولاذ المكربن، المبطنة من الداخل بطبقة من الخرسانة المسلحة.

د- يجوز استخدام الحديد الزهر في عمل بعض أنواع البراميل ، وتبطن بعض براميل الحديد الزهر بالرصاص، ويتميز هذا النوع من البراميل بمقاومته للتآكل فضلا عن خصائصه التدريعية، وسمكه الكبير. وتستخدم هذه البراميل عادة في حفظ النفايات المشعة التى تتضمن نظائر ذات أعمار نصفية متوسطة، كالكوبلت ٦٠ وغيرها.

هـ- يجوز استخدام الفولاذ غير القابل للصدأ في صناعة بعض البراميل ، حيث تتميز هذه المادة بمقاومتها الكبيرة للتآكل، خاصة عند استخدام الفولاذ الاوستنتي المقاوم للصدأ ويتميز هذه الأخير بمقاومته للتآكل، حتى في أماكن اللحامات، فضلا عن متانته الكبيرة إلا أن مقاومة هذه البراميل للتآكل تقل نسبياً في وجود أيونات الكلوريدات أو الكبريتات لذلك ينبغي توجيه العناية الخاصة لهذا الأمر، عند الحاجة لاحتواء النفايات لعدد كبيرمن مئات السنين في براميل مصنوعة من هذه المادة.

و-يفضل استخدام البراميل المصنوعة من الرصاص أو النحاس أو التيتانيوم لاحتواء النفايات المشعة عالية المستوى وطويلة العمر ، نظراً لشدة مقاومتها للتآكل، حيث تمتد فترة أدائها إلى حوالي ألف سنة، وتصل حتى مليون سنة.

ز-يجوز استخدام الحاويات المصنوعة من الخرسانة المسلحة، لاحتواء بعض أنواع النفايات المشعة، نظراً لمقاومتها للتلف الإشعاعي وللتآكل إلا أن أهم مساوئ هذه الحاويات هي قابليتها لإنفاذ المياه الجوفية ، والسوائل الأخرى التي قد تصل إليها، كالمواد عالية القلوية والأكتينيدات ، فضلا عن قابليتها للتلف الميكانيكي. لذلك يجب تدعيمها دائما بوعاء فلزي ونظرا لإمكانية تآكل الوعاء الفلزي، فإنه في بعض الحالات التي تستوجب الاحتواء لفترات زمنية طويلة، يستبدل الوعاء الفلزي بوعاء من الألياف الفلزية غير المتبلورة، وغير القابلة للتآكل . ويفضل استخدام الحاويات الخرسانية المسلحة المحتواة داخل وعاء من البوليمرات ذات المقاومة الميكانيكية العالية.

ح-يجوز استخدام أنواع من الحاويات المصنوعة من البولي إيثلين عالي الكثافة، لاحتواء النفايات المشعة الصلبة منخفضة المستوى، قصيرة العمر، نظراً لمقاومتها الشديدة للتآكل وللجرعات الإشعاعية، حيث تتحمل هذه المادة جرعات إشعاعية تصل إلى حوالي مليون غراي دون تلف.

نقل النفايات المشعة الصلبة

يخضع نقل النفايات المشعة الصلبة بصفة عامة، لقواعد النقل الآمن للمواد المشعة، الصادرة عن الجهات المختصة، ولا يجوز نقل أي طرود أو حاويات تتضمن نفايات مشعة، إلا وفقاً لهذه القواعد، وبعد استيفاء متطلباتها.

مقابر النفايات المشعة الصلبة

أ-إن الخيارات المتاحة للتخلص من النفايات المشعة الصلبة، منخفضة أو متوسطة أو عالية المستوى هي دفن هذه النفايات، بعد معالجتها وتصليدها ودفنها في مقابر أرضية ضحلة العمق، أو في مقابر أو كهوف عميقة تحت سطح الأرض، تبعاً لنوع النفايات الخاضعة للتخلص.

ب-يجب أن تستوفى المقابر الضحلة أو العميقة، المستخدمة لدفن النفايات المشعة الصلبة عدداً من المتطلبات،التي تهدف إلى تأمين حماية البيئة والإنسان من أخطار انتشار الملوثات المشعة من هذه النفايات ، وهي المتطلبات التي تحددها الجهة المختصة بشأن هذه المقابر.

ج-النفايات المشعة الصلبة، ضعيفة أو متوسطة المستوى، ذات العمر النصفي القصير، يجوز التخلص منها بالدفن في مقابر ضحلة العمق تحت سطح الأرض، بشرط أن تستوفى هذه المقابر متطلبات الحماية والأمان، الصادرة عن الجهة المختصة.

د-النفايات المشعة الصلبة، منخفضة المستوى، ذات العمر النصفي المتوسط أو الطويل يجوز التخلص منها في مقابر ضحلة العمق تحت سطح الأرض، بشرط استيفاء متطلبات الحماية والأمان الصادرة عن الجهة المختصة.

هـ-النفايات المشعة الصلبة، عالية المستوى الإشعاعي، قصيرة أو متوسطة أو طويلة العمر لا تدفن إلا في مقابر أو كهوف عميقة تحت سطح الأرض،ويجب أن تستوفى هذه المقابر أو الكهوف متطلبات محددة للحماية والأمان تصدرها الجهة المختصة.

و-النفايات المشعة الصلبة، متوسطة المستوى الإشعاعي، متوسطة أو طويلة العمر، لا تدفن إلا في مقابر أو كهوف عميقة تحت سطح الأرض.

ز-يجوز التخلص من النفايات المشعة، منخفضة المستوى الإشعاعي، والمتضمنة نويدات مشعة طبيعية،مثل خامات مناجم اليورانيوم والثوريوم، ومخلفات طحن صخورهما ومرشحات تنقية المياه الجوفية، وماشابهها، دون معالجة أو تصليد، في مناجم تحت سطح الأرض، أوفي خنادق تحفر خصيصاً لهذه النفايات.

ح-تخضع جميع مقابر النفايات المشعة الضحلة والعميقة، لمراقبة الجهة المختصة بالحماية من الإشعاع، بهدف حماية البيئة والأجيال القادمة.

ط-المقابر الضحلة هي مجموعة من الحفر المكعبة أو إسطوانية الشكل ،المنفصلة عن بعضها والمحفورة في التكوينات الجيولوجية الراسخة، بعمق لايقل عن أربعة أمتار، وبحيث لايقل سمك الفاصل بين أي حفرتين متجاورتين عن مترين

وتدفن النفايات في الحفرة، في طبقة لا يزيد ارتفاعها على مترين، ثم تغطى بطبقة غير ملوثة من نفس التربة لا يقل سمكها عن مترين وتستخدم هذه المقابر لدفن النفايات المشعة الصلبة، منخفضة المستوى قصيرة العمر النصفي ويجوز تغطية هذه المقابر بطبقة من الأسفلت أو ببلاطة من الخرسانة المسلحة بسمك ٢٠ سم، تعمل كطبقة علوية واقية من وصول المياه السطحية للنفايات.

ي-بالنسبة للمقابر الضحلة المستخدمة لدفن أنواع أخرى من النفايات المشعة فإنها يجب أن تبطن من القاع ومن الجوانب، وأن تغطى من أعلى بطبقة من الخرسانة المسلحة، لمنع انتشار المادة المشعة إلى طبقات التربة المجاورة.

ك-بالنسبة للمقابر العميقة تحت سطح الأرض فأنه يجب تبطين قاع المقبرة وجميع جوانبها وسقفها، بالخرسانة المسلحة.

ل-يجب عمل الأسوار اللازمة حول جميع أنواع مقابر النفايات المشعة، لمنع وصول البشر أو الحيوانات إلى موقع المقبرة.

متطلبات الترخيص لمقابر النفايات المشعة الصلبة

أ-قبل تحديد موقع المقبرة، يجب عمل الدراسات اللازمة لاختيار الموقع الأنسب للمقبرة٠ وتتضمن هذه الدراسات أمور عديدة منها:

(١)البيئة الطبيعية للموقع، ومدى تأثرها بالمقبرة أو تأثيرها عليها ويجب مراعاة جميع احتمالات وإمكانيات وصول الأنشطة البشرية لمنطقة الموقع، سواء أنشطة زراعية أو صناعية أو رعوية أو سكنية أو غيرها ويحظر اختيار أي موقع يمكن أن تصله هذه الأنشطة في المستقبل القريب٠

(٢) الخصائص الطبوغرافية للموقع، ومدى تأثرها بالظواهر الطبيعية والمناخية كالأمطار والسيول والرياح وغيرها.

(٣) الخصائص الجيولوجية للموقع، ومدى صلاحيته وخلوه من العيوب الجيولوجية والصدوع.

(٤) الخصائص الهيدرولوجية للموقع ومدى توفر المياه السطحية أو الجوفية في منطقة الموقع ومدى قرب هذه المياه الجوفية من سطح الأرض في هذه المنطقة ويحظر اختيار أى موقع لمقبرة نفايات مشعة صلبة إذا تضمن هذا الموقع أي تأثيرات محسوسة على المياه السطحية أو الجوفية.

(٥) الخصائص الزلزالية والجيوفيزيائية للموقع، ويحظر اختيار مقبرة في مناطق النشاط الزلزالي الذي يتجاوز ٧ درجات بمقياس رختر، لمنع انتشار أي ملوثات مشعة بفعل هذه الزلازل.

(٦) الخصائص الأخرى الهامة،كالخصائص التاريخية أو الأثرية أو غيرها،مما قد يتأثر بهذه النفايات المشعة، وخاصة إمكانية استخدام الموقع مستقبلا كمصدر من مصادر الخامات الطبيعية التي يحتاجها الإنسان.

(٧) الخصائص الإشعاعية، التي قد تؤدي إلى تعرض البشر أثناء الظروف غير الطبيعية لجرعات إشعاعية تفوق الحدود المطبقة.

ب-بالنسبة للمقابر العميقة تحت سطح الأرض، المخصصة للنفايات المشعة عالية المستوى يجب أن يؤخذ في الحسبان فضلا عن الاعتبارات السابقة، تأثيرات الطاقة الحرارية المتولدة عن هذه النفايات ونظم تصريفها للبيئة.

ج-بعد اختيار موقع المقبرة يجب اعتماد صلاحيته كخطوة أساسية من خطوات الترخيص بالمقبرة، وفقا لمعايير محددة تضعها الجهة المختصة ولهذا الغرض يتقدم صاحب الترخيص بطلب للجهة المختصة، للترخيص بمقبرة للنفايات المشعة،على أن يرفق بطلبه جميع الدراسات التي أجريت لاختيار الموقع وبعد دراسة الطلب المقدم والتأكد من صلاحيته تصدر الجهة المختصة الترخيص بالموقع والبدء في الإنشاء.

د-بعد الحصول على الترخيص بإنشاء المقبرة، يبدأ العمل في إنشائها وفقاً للتصميمات التي أجازتها الجهة المختصة، وأثناء عمليات الإنشاء يجب الاستمرار في عمل بعض الدراسات الجيولوجية والهيدرولوجية، كما يجب أن تخضع جميع هذه العمليات لمراقبة الجهة المختصة وتصدر الجهة المختصة تصريحها،بالبدء في العمل المعين تلو الآخر، وبعد انتهاء مرحلة الإنشاء، تصدر الجهة المختصة ترخيصاً بتشغيل المقبرة واستخدامها بعد تقويم الآتي:

(١) تقرير الأمان الذي يقدمه صاحب الترخيص مع الدراسات والقياسات التي نفذها مثل قياسات الخلفية الإشعاعية الأساسية للموقع وحوله.

(٢) تقارير التفتيش على الموقع من واقع التفتيش الفعلي، للتأكد من تنفيذ كافة الإنشاءات وفقاً للتصاميم المعتمدة.

(٣) تقويم التقارير الدورية الجيولوجية والجيوفيزيائية والهيدرولوجية.

(٤) نتائج اختبارات بدء التشغيل وتوكيد الجودة.

هـ-بعد الترخيص بتشغيل المقبرة يبدأ تشغيلها لدفن النفايات المشعة الصلبة فيها، ويستمر التشغيل إلى أن يتم إغلاقها.

و- يجب أن يتم التشغيل وفقاً للخطة المعتمدة من الجهة المختصة.

ز-يجب عمل برنامج المراقبات اللازمة لتشغيل المقبرة، قبل بدء التشغيل،والتقارير التشغيلية اللازمة ويجب أن تتضمن التقارير التشغيلية الدورية، التي يقدمها صاحب المقبرة بانتظام للجهة المختصة، جميع البيانات عن النفايات التي استلمت وخضعت للدفن

، وأماكن دفنها، بالدقة اللازمة لإمكانية استعادتها بيسر وسهولة كذلك يجب أن يتضمن برنامج المراقبات جميع التعرضات البشرية والتأثيرات البيئية، وأية تغيرات تظهر على المقبرة أو البيئة المحيطة بها أثناء التشغيل أو بعده.

ح-بعد امتلاء المقبرة بالحد الأقصى المسموح به من النفايات المشعة الصلبة يتم إغلاقها،ويجوز الإغلاق بعد مرور فترة زمنية بعد آخر عملية دفن، لإتاحة الفرصة لتنفيذ بعض المراقبات الواجبة، للتأكد من استيفاء متطلبات الجهة المختصة وعدم حدوث انطلاقات غير متوقعة إلى البيئة.

الباب السابع

التخلص من النفايات النووية

التخلص من النفايات النووية:

تكمن خطورة النفايات النووية في استمرار نشاطها الإشعاعي لمدة طويلة وعدم ضمان مقاومة أماكن التخزين طيلة هذه المدة فتوضع النفايات في حاويات غير قابلة للتأكسد مثل الاسمنت أو الصلب وتخزن تحت الأرض في مواقع مستقرة جيولوجيا وهيدرولوجيا بمواصفات تحد من تسرب الإشعاعات ومن الممكن دفن الطاقة الحرارية الناتجة عن النفايات النووية الخطيرة إلى الأبد ودون احتمال عودتها مرة أخرى داخل قشرة الأرض، هذا ما يقوله الجيولوجيون، لكن خبراء إدارة النفايات يحذرون من أن العلوم المتاحة حالياً ليست كافية للتخلص من كميات كبيرة من النفايات النووية فـin إذا دفنت على عمق خمسة كيلومترات في الصخور الجرانيتية الصلبة قد تولد درجة حرارة تجعل الصخور الجرانيتية تنصهر، وتحيط بالنفايات من كل جانب وعندما تبرد ، تعود الصخور الجرانيتية إلى حالتها الأولى، وهي لا تزال تحيط بالنفايات،كما يقول فيرجوس جيب الباحث بجامعة شيفيلد البريطانية ويضفى جيب أن الجرانيت هو المادة المثالية لاحتوائها النووية، وهو أكثر الصخور مقاومة للتآكل على وجه الأرض

ويشك علماء الجيولوجيا في إمكانية عودة الجرانيت إلى حالته الأولى المقاومة للتآكل إذا برد بسرعة بعد انصهاره، ويقولون إن غالبية صخور الجرانيت تكونت بعد أن بردت على مدى مئات الآلاف من السنين لكن جيب وزميله فيليب اتريل اثبتا في المعمل أن الجرانيت يعود إلى حالته الأصلية خلال أسابيع بعد تعرضه لضغط يعادل ما يتعرض له على عمق خمسة كيلومترات، هذا الأسلوب الحراري في دفن النفايات يمكن من التخلي عن الحاجة إلى وضعها في خزانات على عمق بضع مئات من الأمتار تحت سطح الأرضوتواجه هذه الافتراضات تحديات هندسية كبيرة للتعامل مع الحرارة الكبيرة المنتجة من النفايات لعدة عقود ومئات السنوات من الإشعاع، وقد رفضت الحكومة البريطانية اقتراحات بإنشاء خزانات للنفايات النووية على أعماق بسيطة، وتمت الموافقة على ذلك في جبل يوكا في صحراء نيفادا الأمريكية بموافقة من الرئيس ويقول تشارلز كرتس رئيس اللجنة الاستشارية لإدارة المواد والنفايات المشعة البريطانية أنه لا يمكن أخذ مفهوم جيب على أنه حقيقة ثابتة موثوق فيها،

غير أنه لن يكون من الممكن فعل ذلك لأسباب سياسية أيضاً،ويقول إن المخاوف التي تحيط بدفن النفايات النووية تعني أن استمرار الدفن قصير المدى هو البديل الواقعي الوحيد، كما أن تنفيذ مقترحات جيب بشأن دفن النفايات النووية في الجرانيت على أعماق كبيرة مسألة مطلقة للغاية .

الخيار النووى

عقدت القيادة الاستراتيجية الأمريكية مؤتمراً صحفياً حول سبل توسيع نطاق قدرات أميركا النووية وبحسب ما اوضحته نسخة تم تسريبها من جدول أعمال المؤتمر فإن المشاركين فيه تعين عليهم أن يناقشوا متطلبات أسلحة محدودة الانبعاث النووي، أسلحة خارقة للأرض، أسلحة شديدة الانبعاث النووي وأسلحة وسائط الحاق الهزيمة بالخصم وعلى الرغم من الاحتجاجات التي شددت على النقيض، فإن مؤيدي القنابل النووية قد أصروا على أن المقصود منها هو الردع حصراً، حيث أنها مصممة للحيلولة دون وقوع هيروشيما أخرى، غير أن أياً من هذه القنابل لا تعكس منطقاً ردعياً يمكن استيعابه .

اقتراحات جديدة

الاقتراح الأول متعلق بأسلحة محدودة الانبعاث الحراري إلى قنابل من شأنها أن تنفجر في الهواء بقوة ربما تعد أصغر بمئة مرة من القنبلة التي قصفت بها هيروشيما ويجادل المنظرون القائلون بالردع بأن هذه القنابل ستكون قوتها التفجيرية معادلة لحوالي مئة طن من مادة الـ تي إن تي شديدة الانفجار من شأنها أن تملأ الهوة الحرجة بين أقل أسلحة الترسانة النووية الراهنة قوة والتي تعادل قوتها التفجيرية حوالي ٣٠٠ طن من مادة تي إن تي والقنابل التقليدية الأكثر قوة والتي تعادل قوتها حوالي ١٠ أطنان من مادة تي إن تي غير أنه من غير المحتمل إلى حد كبير أن عدداً لم تردعه قنابل تقليدية من زنة عشرة أطنان سيعيد التفكير في موقفه عندما يجابه بسلاح نووي شدته مئة طن.

والاقتراح الثاني، متعلق بالأسلحة الخارقة للأرض، معقولاً بصورة أكبر وقد تمحور الكثير من النقاش العام فيما يتعلق بهذه الأسلحة حول الأشكال الصغيرة نسبياً منها، وما إذا كان من الممكن جعلها مجردة من الغبار النووي لم تتحقق هذه الإمكانية وفي حقيقة الأمر أن الدفاع الأقوى عن مثل هذه القنابل يقتضي جعلها قوية بقدر الإمكان ووفقاً لهذا النمط في المجادلة فإن الأسلحة الخارقة للأرض ينبغي أن تصمم لتهدد أهدافاً أكثر غوراً تحت الأرض من الأهداف التي يمكن اصابتها اليوم وهذه هي أفضل طريقة لردع قادة العدو الذين يختبئون تحت الأرض أو يجعلون مواقع تسهيلاتهم النووية على بعد أقل من مئة ميل من مركز حضري .

أما الخيار الثالث فيتعلق بالأسلحة موسعة الإشعاع ومشهور باسم القنابل النيترونية ويدور الجدل حوله كما يجري رفضه منذ ثمانينات القرن الماضي والغرض من مثل هذه الأسلحة هو قتل الأعداء بالاشعاع وفي الوقت نفسه الحفاظ على البنية الكلية العضوية القريبة منهم .خلال الحرب البادرة، ذهب انصار القنبلة النيترونية إلى القول ببعض الصدق أنها ستكون فعالة ضد تجمعات الدروع السوفيتية، التي كانت تعتبر في ذلك الوقت أعظم خطر يتهدد الأمن الغربي ولكن حتى في ذلك الوقت

فإن أعداء هذه القنابل المقترحة ردوا بالقول إن الذخائر التقليدية ذات التصويب الدقيق يمكن أن تؤدي المهمة بشكل أفضل، أما اليوم وقد غدت الاسلحة دقيقة التصويب أكثر نضجاً ولم يعد هناك عدو محتمل تتوافر لديه قدرات مدرعة كبيرة، فلم يعد هناك مبرر مقنع لمثل هذا السلاح الذي يقوم على أساس الردع وربما كان الاقتراح الأخير الذي طرحه المؤتمر وهو أسلحة الوسائط التي تلحق الهزيمة بالخصم، من المنظور العسكري، السلاح الأكثر إثارة للاهتمام وستصمم هذه الأسلحة لاختراق المخزون المتوافر في التسهيلات من الأسلحة البيولوجية والكيماوية وحرقها،الأمر الذي يمنع انتشار الوسائط القاتلة، لكن الدراسات الحديثة ومن بينها دراسة أنجزها مايكل ماي المدير السابق لمختبر ليفرمور الوطني قد وضعت هذه القدرات المزعومة موضع التساؤل وفضلاً عن ذلك فإن الأسلحة التقليدية تعد بنتائج مماثلة إن لم تكن أفضل في مجال تحقيق هذا الهدف، بالإضافة إلى ذلك، فإنه من دون معلومات استخبارية دقيقة من النوع الذي يبدو أن الولايات المتحدة كانت تفتقر إليه في العراق،

فإن استهداف مثل هذه القنابل سيكون أمراً مستحيلاً وهي قد تقوم بتدمير مخازن معزولة للأسلحة غير المشروعة لكنها لن تهدد قط بطريقة معقولة شريحة كبيرة من أي مخزون للعدو، وهكذا فإنها ستكون غير فعالة كرادع للعدو ويواصل أنصار هذه الأسلحة الجديدة التشديد على أنها ستكون للردع فحسب، لكن كل الأدلة الفنية تشير إلى أنها لن تضيف شيئاً يذكر إلى القرارات القائمة بالفعل في الترسانة الأمريكية .

ويفترض أن المشرعين الأمريكيين يتصرفون عن نية صادقة في دعم هذه التطويرات، لكن عليهم أن يعيدوا النظر في مواقفهم قبل أن يجعلوا بلادهم تلتزم ببرامج أسلحة مكلفة لن تفيد كثيراً في الدفاع عنها، وستثير إلى حد كبير نفور أصدقائهم على امتداد العالم.

اقتراحات أوروبية بشأن التخلص من النفايات النووية

تقدمت المفوضية الأوروبية بمقترحات من أجل وضع قواعد جديدة تحدد معايير التخلص من النفايات النووية والمخلفات المشعة الصادرة عن محطات توليد الطاقة النووية في دول الإتحاد الأوروبي وفي هذا الصدد، رأى المفوض الأوروبي المكلف بشؤون الطاقة جينترأوتينجر، أن المفوضية تساهم بفضل هذه المقترحات، في رفع معايير سلامة المنشآت النووية وقواعد التخلص من النفايات الناتجة عنها، وقال نعمل لوضع إطار قانوني أوروبي شامل لهذه المعايير حسب تعبيره وأشار إلى أن إقتراحات المفوضية الجديدة تشكل رداً على قلق المواطنين الأوروبيين بشأن سلامة المنشآت النووية وكيفية التخلص من النفايات النووية في الإتحاد، بصرف النظر عن موقفهم من إستخدام الطاقة النووية في المجالات الطبية أو غير ذلك ويسعى الجهاز التنفيذي الأوروبي إلى التوصل إلى إطار قانوني ملزم يحدد معايير إدارة الوقود النووي والمخلفات المشعة بالتعاون مع الوكالة الدولية للطاقة الذرية.

وتوصي مقترحات المفوضية، التي لا زالت بحاجة إلى نقاش في البرلمان والمجلس الأوروبيين، الدول الأعضاء بالعمل على دمج المعايير الجديدة في نظمها الوطنية خلال أربعة أعوام ويذكر أن القوانين الأوروبية المنفذة تمنع تصدير المخلفات النووية إلى خارج حدود الإتحاد بغية التخلص منها٠

طرق مبتكرة للتخلص من النفايات النووية

خلف السباق المحموم بين الدول لإنتاج الطاقة النووية والاستفادة من منافعها السلمية، وراءه مخلفات إشعاعية، وجب التخلص منها بطريقة تحافظ على البيئة وسكانها، الأمر الذي يثير حيرة الخبراء والعلماء على امتداد العالم فبين دفن المخلفات النووية لكيلومترات عديدة تحت سطح الأرض،أو تحت سطح البحر، يدور جدل واسع على امتداد العالم لتحديد أسلم طرق التخلص من تلك النفايات.

وذكرت مجلة نيوساينتست، في تقرير لها حول هذا الموضوع نشرته أخيراً، أن مدينة برونسفيك بألمانيا تقبع على قنبلة بيئية موقوتة، تعرف باسم إيس ٢ وهو منجم ملح مهجور استخدم لدفن مئات الآلاف من البراميل التي تحوي مخلفات مشعة، خلال ستينيات وسبعينيات القرن العشرين وفي عام ١٩٨٨، بدأت المياه الجوفية تتسرب إلى المنجم، الأمر الذي هدد بكارثة بيئية كبرى ومنذ ذلك الوقت يدور جدل كبير حول أفضل طرق التخلص من محتويات هذا المنجم وتساءل الخبراء

عما إذا كان دفن المنجم بما فيه من محتويات وتركه على تلك الحالة للأبد، أو إزالته من مكانه ونقله بعيداً هو الطريق الأمثل للحل؟ وبينما يُعرض قرار إزالة المنجم من مكانه العالمين المفترضين على المشروع للنشاط الإشعاعي لعشرات السنين، فإن بقاء المخلفات النووية في المنجم وتعرضها للمياه الجوفية، يهدد بتعريض حياة السكان القاطنين بالقرب من المنجم إلى الخطر، نتيجة التلوث الذي تحدثه تلك العناصر المشعة.

النفايات النووية تزود رحلات الفضاء بالطاقة

كشفت وكالة الفضاء الأوروبية أن النفايات النووية يمكن أن تستخدم في تزويد المركبات الفضائية بالطاقة مما سيوفر على الدول مبالغ طائلة تنفقها على التخلص من تلك النفايات وذكرت صحيفة فاينانشيال تايمز أن البرنامج التجريبي لوكالة الفضاء الأوروبية، الذي تبلغ تكلفته ١,٦ مليون دولار تقريباً، أثبت أن البطاريات النووية التي تستخدم في رحلات الفضاء يمكن تصنيعها من النظائر المشعة الموجودة في البلوتونيوم المتحلل،والذي توجد كميات منه في مستودعات سيلافيلد بمنطقة كومبريا بشمال إنجلترا.

وقد استخلص المختبر النووي الوطني البريطاني عنصر الأمريسيوم الفلزي المشع ٢٤١ من البلوتونيوم الذي يُنتج من الوقود المُعالَج مرة أخرى وتعتقد وكالة الفضاء الأوروبية أن استخدام النفايات النووية من شأنه أن يحل محل البلوتونيوم ٢٣٨، الذي يتوفر فقط في روسيا والولايات المتحدة، مما يتيح مصدراً مستقلاً للطاقة لرحلات الفضاء المتجهة إلى كوكب المشتري وكواكب أخرى بعيدة والبطاريات النووية -التي تحتوي كل واحدة منها على نحو خمسة كيلوجرامات تقريباً من المادة النووية- ظلت مستخدمة منذ خمسينيات القرن الماضي، كما تستخدمها وكالة علوم الفضاء الأميركية ناسا في مسباري كاسيني وفويجر إلى جانب مسبار كيوريوسيتي الذي هبط في كوكب المريخ والمعروف أن النظائر المشعة كلما تحللت فإنها تظل تطلق حرارة لعدة عقود من الزمن بحيث يمكن استخدامها إما للحفاظ على حرارة الآلات في أجواء الفضاء الباردة أو تحويلها إلى طاقة كهربائية كما أن المركبات الفضائية عندما تطير إلى ما وراء المريخ وبعيداً عن أشعة الشمس فإن الطاقة الشمسية لا تكون متاحة لها وقالت كارلا سنيوريني -رئيسة قسم الهندسة الكهربائية بوكالة الطاقة الأوروبية- إن مستودعات النفايات النووية بسيلافيلد من المواقع القليلة التي يمكن أن يتم فيها تحويل النفايات إلى طاقة كهربائية.

ويمكن استخدام تلك البطاريات أيضا كعوَّامات لإرشاد السفن أو آلات معدة للاستخدام تحت الماء لأغراض تتعلق بصناعة النفط والغاز ويرى تيم تينسلي، الذي يدير هذا البرنامج التجريبي، أن تصنيع بطاريات نووية من النظائر المتحللة يوفر فرصاً للتصدير فهناك دول عديدة مثل الصين والهند لها اهتمامات بالفضاء وأشارت الصحيفة إلى أن عمليات التخلص من النفايات النووية تكلف بريطانيا مبالغ تصل إلى نحو ٤,٨ مليون دولار أميركي سنوياً.

وعند التخلص من النفايات النووية فإنّ أكثر الأشياء أهمية هو عدم طرحها ضمن البيئة بصرف النظر عن تسببها بالسرطان والمرض الإشعاعي، فإنّ بقاء المواد المشعة ضمن البيئة لفترة طويلة قد يسبب ضرر للنبات والحيوان يتم معالجة جميع النفايات المشعة أولاً لتصبح غير فعّالة وخاملة ولا تتسرب إلى المناطق المجاورة ويتم القيام بهذه العملية من خلال صهر النفايات مع بعضها ومع الزجاج المكسور، ويتم صبها فى علب معدنية سميكة وتختم ، وهذه العلب تُحول النفايات المنصهرة إلى زجاج وتصبح عوازل للمياه والهواء.

<u>التخلص من النفايات الصلبة المشعة:</u>

أ-لا يجوز التخلص من نفايات مشعة، تتضمن نويدات، بخلاف تلك المنصوص عليها في الترخيص، أو بكميات تتجاوز الكميات المرخصة ، أو بأسلوب مخالف للأسلوب المرخص.

ب-قبل التخلص من أي مصدر مشع محكم الإغلاق، يتم مراجعة الجهة المختصة بالحماية والأمان ، لتحديد إمكانية الاستفادة من المصدر بواسطة مستخدم آخر وعند توفر هذه الإمكانية تنتقل ملكية المصدر، بجميع وثائقه للمستخدم الجديد ، وتقع عليه كافة المسؤوليات المرتبطة بالحماية والأمان لهذا المصدر من لحظة انتقال الملكية إليه.

جـ-يتم التخلص من المصادر محكمة الإغلاق التي لم تعد حاجة لها بعد موافقة الجهة المختصة كالآتي:

(١) جميع المصادر محكمة الإغلاق متوسطة وطوية العمر، التي يزيد نشاطها الإشعاعي عند إنتاجها على ٣٧٠٠ ميجابكرل، يتم إعادتها لمنتجها ويجب على جميع مستخدمي المصادر المشعة محكمة الإغلاق، التي يزيد نشاطها الإشعاعي عن النشاط المذكور، في هذه الفقرة، أن يضمن تعاقده مع المنتج ضرورة إعادة المصدر المشع له، خلال فترة لا تزيد على ١٥ سنة، من تاريخ التوريد وعلى صاحب المصدر إعادته للمنتج قبل الموعد المذكور، كما يجب عليه أن يقدم صورة موافقة المنتج على استعادة المصدر للجهة المختصة،كأحد مستندات الموافقة على التصريح بحيازة المصدر.

(٢) بالنسبة للمصادر المشعة محكمة الإغلاق، متوسطة وطويلة العمر ، التي يقل نشاطها الإشعاعي عند الإنتاج عن ٣٧٠ ميجابكرل، يجوز التخلص منها بأي من الطرق التالية:

(أ) تسليمها للتخلص من النفايات المشعة للتخلص الآمن منها، مع تحمل صاحب المصدر نفقات التخلص المحددة .

(ب) إعادتها للمنتج خلال فترة زمنية لا تتجاوز خمسة عشر عاماً.

(٣) بالنسبة للمصادر المشعة محكمة الإغلاق، قصيرة العمر، التي يزيد نشاطها الإشعاعي على ٣٧٠ جيجابكرل، يتم إعادتها للمنتج، خلال مدة لا تتجاوز ١٥ عاماً من تاريخ إنتاجها ويجوز التخلص من هذه المصادر بتسليمها للتخلص من النفايات المشعة لتخزينها أو معالجتها كنفايات مشعة، والتخلص منها.

(٤) بالنسبة للمصادر المشعة محكمة الإغلاق، قصيرة العمر، التي يقل نشاطها الإشعاعي عند الإنتاج عن ٣٧٠ جيجابكرل، يتم تسليمها للنفايات المشعة،أو تخزينها بطريقة آمنة ، لحين التخلص منها.

(٥) بالنسبة للمصادر المشعة محكمة الإغلاق، قصيرة العمر، التي يقل نشاطها الإشعاعي عند لحظة الإنتاج عن ٣,٧ ميجابكرل، يتم تسليمها للنفايات المشعة للتخلص منها، أو يتم تخزينها تخزيناً آمناً للفترة الكافية لاضمحلال نشاطها الإشعاعي، إلى مادون حد الاستثناء للنويدة المعنية، ثم التخلص منها بعد ذلك مع النفايات العادية.

هـ-النفايات المشعة الصلبة، منخفضة أو متوسطة المستوى، متوسطة أو طويلة العمر،والقابلة للحرق يتم حرقها في المحارق المخصصة لذلك، أو تسلم لحرقها ويتم تجميع الرماد الملوث المتخلف عن الحرق ومعاملته معاملة النفايات منخفضة أو متوسطة أو عالية المستوى وفقاً لتصنيفه،ويتم التخلص من هذا الرماد بعد إجراء عمليات التصليد له.

و-النفايات المشعة الصلبة، منخفضة أو متوسطة المستوى، قصيرة العمر،والقابلة للحرق يجوز تخزينها تخزيناً آمناً للاضمحلال، ويتم التخلص منها بعد ذلك بالحرق، ويتم تخزين الرماد المشع الناتج عن الحرق لفترة أخرى، ثم التخلص منه بالمعالجة أو بالإطلاق للبيئة مع النفايات الأخرى غير المشعة، إذا كان النشاط الإشعاعي المتبقي فيه يقل عن حد الاستثناء للنويدة المعنية، أما في الحالات الأخرى، فيسلم رماد النفايات المشعة لتصليده والتخلص الآمن منه.

ز-بالنسبة للنفايات المشعة الصلبة، منخفضة أو متوسطة المستوى ، طويلة أو متوسطة العمر والقابلة للكبس ، وغير القابلة للحرق ، يتم كبسها وتخزينها تخزيناً آمناً، أو تخزينها دون كبس بشكل آمن لحين تسليمها لمعالجتها والتخلص المؤقت أو النهائي منها.

ح-بالنسبة للنفايات الصلبة، منخفضة أو متوسطة المستوى ، قصيرة العمر، القابلة للكبس وغير القابلة للحرق، يتم كبسها وتخزينها، لحين انخفاض نشاطها الإشعاعي إلى مادون حد الاستثناء، ثم تصرف إلى البيئة مع النفايات العادية أو تسلم للتخلص منها.

ط-النفايات المشعة الصلبة،عالية المستوى الإشعاعي،منخفضة أو متوسطة أو طويلة العمر، يجب أن تسلم للتخلص الأمن منها، باستخدام طرق التخلص المناسبة لهذه النفايات.

<u>المحيطات مستودع للنفايات</u>

من حسن الطالع أن معظم النفايات النووية هى من ذات المستوى المنخفض والمتبع في معظم المفاعلات النووية في العالم تحويل تلك النفايات إلى كتلة صلبة بخلطها مع الأسمنت، ثم وضعها في أسطوانة من الحديد ووفقًا للتعليمات الدولية، تلقى أسطوانات الحديد المحتوية على عادم نووي في مياه لا يقل عمقها عن أربعة كيلومترات، وعلى بعد مائة كيلومتر من الشواطئ في أي اتجاه ولا تفي بهذه الشروط إلا المحيطات الكبرى، لذلك فإنها المستودع العالمي للنفايات النووية.

ومنذ عام ١٩٤٩ إلى اليوم ألقي في المحيطات أكثر من ستة آلاف أسطوانة حديد محتوية على عادم نووي وكان الاعتقاد أن تلك الأسطوانات ستملأ الفجوات الموجودة في أعماق المحيطات بيد أن الاستمرار في ذلك العمل قد يؤدي إلى تغيير الطبيعة الجغرافية لقاع المحيطات، وهو أمر لا تعرف عواقبه الآن، وإن كان بالقياس الرياضي يمكن أن يؤدي إلى فيضانات بإزاحة مياه المحيطات والعلماء يذهبون إلى أن تحلل الحديد والأسمنت في مياه المحيطات، وبالتالي تحرر المادة المشعة داخل الأسطوانات، سيستغرق سنوات طويلة وحتى عند تحرر المادة المشعة فإنها ستذوب في مياه المحيط، وبالتالي فإن الإشعاع الصادر عنها سيكون منخفضًا جدًا، وفى حدود مستوى الإشعاع الطبيعي الصادر عن العناصر المشعة في الطبيعة.

إلا أن التحذيرات بدأت ترتفع هذه الأيام، حول تأثير الإشعاع على أحياء الماء وعلى الرغم من أن مستوى الإشعاع في المحيطات يخضع لقياسات دورية، إلا أن العلماء المشتغلين بالأمر مختلفون حول ما إذا كان مستوى الإشعاع قد زاد عن معدله الطبيعي، وما إذا كان لذلك آثار مباشرة على أحياء المحيطات الحيوانية والنباتية.

لكنهم متفقون فيما بينهم على أن الاستمرار في التخلص من العادم النووي بإلقائه في المحيطات، ستكون له آثار خطيرة على الأجيال القادمة، يصعب تقديرها في الوقت الحالي ومما يزيد مخاوف العلماء ويعزز صيحات التحذير أن بعض البلاد تتخلص من عادم ذي مستوى متوسط بإلقائه في المحيطات وهذا النوع من العادم يصدر عنه كما سلف القول مقدار أكبر من الإشعاع الأمر الذي يعني أن الآثار الضارة للإشعاع قد تقع في وقت أقصر من المتوقع،فبعض أحياء المحيط، مثل السمك المعروف باسم إلبوت ، تتغذى على النباتات الموجودة في قاع المحيط ومثل هذه الأحياء ستكون أسرع تأثرًا بالإشعاع من غيرها ونظرًا لأن نفس هاته الأحياء ترتفع بسرعة إلى سطح المياه بعد تناول غذائها من القاع، فإنها قد تقع في شباك الإنسان وبذلك تعجل نقل الإشعاع إليه!

في ألمانيا، يتم التخلص من العادم ذي الإشعاع العالي بخلطه مع الأسمنت، ثم وضعه في أسطوانات من الحديد وفى حفرٍ في الأرض يصل عمقها إلى أربعة كيلومترات، تدفن أسطوانات الحديد ثم تحاط بطبقة من أكسيد المغنسيوم والهدف من ذلك منع تآكل أسطوانات الحديد بسرعة بفعل المياه الجوفية.

وعلى الرغم من أنه يراعى أن تدفن تلك النفايات في مناطق غير مأهولة بالسكان، إلا أنها لا تخلو من خطر ذلك أنه إذا حدث زلزال فيمكن أن يدفع تلك النفايات إلى سطح الأرض، حيث يصبح تسرب الإشعاع احتمالاً واردًا بقوة وقد يكون الأمر أسوأ من ذلك إذًا انفجر بركان، ففتت تلك الأسطوانات وقذف بها إلى سطح الأرض.

وفى الولايات المتحدة، يتم التخلص من العادم النووي ذي المستوى العالي من الإشعاع، بنفس الطريقة المتبعة في ألمانيا مع فارق بسيط، هو أن الأسطوانات المعدنية تحاط بطبقة من مخلوط من الطمى والجرانيت والبازلت بدلاً من أكسيد المغنسيوم وجدير بالذكر أن حفرة واحدة تكفي لدفن العادم الناتج من المفاعلات النووية كلها في دولة ما في عام واحد.

أما فرنسا فقد ابتكرت طريقة جديدة لتحويل العادم النووي إلى كتلة صلبة غير منفذة للإشعاع وتعرف هذه الطريقة باسم التحويل إلى زجاج والزجاج من أكثر المواد مقاومة لعوامل التعرية، ومن أقل المواد إنفادًا للإشعاع وقد أنشأت فرنسا مصنعًا لتحويل العادم النووي ذي النشاط الإشعاعي العالي إلى زجاج ويمكن للمصنع أن يتعامل مع ستة وثلاثين ليترًا من العادم النووي السائل في ساعة واحدة،

حيث يقوم بدمجها مع الزجاج لتكوين كتلة صلبة تزن عشرين كيلوجرامًا ويمكن دفن كتل الزجاج في قاع المحيط مباشرة، أو بعد وضعها في علب معدنية وبينما تعتبر طريقة التزجيج الفرنسية مأمونة الجانب في صورتها النهائية، إلا أن نقل العادم النووي من المفاعلات النووية إلى مصنع المعالجة لا يخلو من مخاطر إذ عادة ينقل العادم النووي في شاحنات (لوريات) أو قطارات وهذه تكون عرضة لحوادث كثيرة من بينها الحريق والانفجار عدا احتمال تسرب الإشعاع أثناء حركة الشاحنات والقطارات بين المدن على الرغم من كل احتياطات وتدابير تأمين السلامة.

طريقة أخرى مبتكرة تأتي من السويد، وفيها يضغط العادم النووي تحت قوة ضغط عالية، تناظر تلك المستخدمة لإنتاج الماس الصناعي، لتحويله إلى أسطوانات صلبة من السيراميك، ثم تحاط هذه الأسطوانات بأسطوانات أخرى من الأسمنت، وفى النهاية توضع في علب معدنية أو أسطوانات من الحديد وتقوم السويد حاليًا ببحث إمكانية دفن تلك الأسطوانات في مناطق ثابتة جيولوجيا أي لا تتعرض للزلازل والبراكين بدلاً من التخلص منها في المحيط.

فى بريطانيا، يتم التخلص من العادم النووي عالي الإشعاع في مدافن فولاذية وقد لجأت بريطانيا إلى هذه الطريقة بعد وقوع أكثر من حادثة تسرب للإشعاع أثناء نقل العادم النووي وتتكون المقبرة الفولاذية من حفرة عميقة يتراوح قطرها ما بين أربعة إلى خمسة أمتار وتبنى قاعدة وجدران الحفرة من الخرسانة المسلحة، ثم قاعدة مزدوجة وجدران مزدوجة من الصلب ومثل هذه المقابر النووية تبنى بجوار المفاعلات، لتفادي أخطار نقل العادم النووي وتبدو الفكرة جيدة ومأمونة، إلا أن المخاطر على المدى البعيد يصعب التنبؤ بها في الوقت الحالي.

وأحدث فكرة في هذا السبيل تذهب إلى التخلص من العادم النووي بنقله إلى الفضاء لكن هذه الفكرة، مثلها مثل باقي الأفكار والطرق المذكورة،لا تحظى بإجماع كل العلماء والمسئولين، ولا تعرف آثارها على أجيال المستقبل ويبدو أن المخاوف من المخاطر المحيطة بالعادم النووي ستبقى تشغل الأذهان زمنًا قبل أن يوجد لها حل مثالي وإلى أن يتحقق ذلك،ستكون تلك المخاوف الثمن الذي يدفعه الإنسان للتقدم العلمي الذي ولد المفاعلات النووية كواحد من مصادر الطاقة.

أهم المصادر والمراجع:

١- إدارة المخلفات الصلبة – هيئة التنمية السياحية .

٢- المنهج التعليمى للدراسات البيئية - محمد عبد الباقى إبراهيم .

٣- تقنية التخلص من النفايات - عبد الله العلي النعيم.

٤-إنهم يقتلون البيئة - ممدوح حامد عطية ٠

٥-إدارة البيئة نحو الإنتاج الأنظف- زكريا طاحون .

٦- قضايا البيئة فى مئة سؤال وجواب- عصام الحناوى .

٧-أسلوب منهجى لإدارة المخلفات الصلبة -محمد عبد الباقى إبراهيم ٠

٨- المدخل الى العلوم البيئيه-د. سامح الغرايبه ويحيى الفرحان ٠

٩- القمامه- د. احمد عبد الوهاب ٠

١٠-تكنولوجيا تدوير النفايات د. احمد عبد الوهاب ٠

١١-صحة البيئه وسلامتها- عصام الصفدي ونعيم الظاهر ٠

١٢-التاثير البيئي للقمامه -اخلاص الدبيات ٠

١٣-قابلية المياه الجوفيه للتلوث زين تادرس ٠

١٤-أساليب ادارة مخلفات الانشاء وفرص تدويرها -علي محمد السواط٠

١٥-علم البيئة وفلسفتها- أيّوب أبو ديّة.

١٦-حوارات حول الرطوبة والعفن أيّوب أبو ديّة.

١٧- تنمية التخلف العربي- أيّوب أبو ديّة.

١٨- قضايا البيئة -عصام الحناوي.

١٩- البيئة ومشكلاتها -رشيد الحمد ومحمّد سعيد صباريني.

٢٠- الفلسفة البيئية- مايكل زيمرمان٠

٢١- الأردن والتحدي البيئي- د. نزار أبو جابر.

الفهرست